ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Ναυτική Μετεωρολογία

Χείλαρης Αλέξανδρος



Α ΤΑΞΗ

ΤΕΧΝΙΚΑ - ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ
ΤΟΜΕΑΣ: **ΝΑΥΤΙΚΟΣ-ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΟΣ**

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ • ΑΘΗΝΑ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Ναυτική Μετεωρολογία

Χείλαρης Αλέξανδρος

Α ΤΑΞΗ

ΤΕΧΝΙΚΑ - ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ

ΤΟΜΕΑΣ: **ΝΑΥΤΙΚΟΣ-ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΟΣ**

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ
- Χείλαρης Αλέξανδρος, Αντιπλοίαρχος Π.Ν.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΡΙΣΗΣ
- Γκιάφης Στάθης, Πλοίαρχος Α΄, Καθηγητής ΑΕΝ Ασπροπύργου
- Γιαλούρης Γιαννούλης, Πλοίαρχος Ε.Ν. (Συνταξιούχος)
- Μπέλεσης Σταύρος, Πλοίαρχος Β΄, Εκπαιδευτικός ΠΕ 18

ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ
- Ζαχαριά Στέλλα, Φιλόλογος

ΓΕΝΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ
- Σπύρος Παπασπύρου, Καθηγητής Εφαρμογών Τ.Ε.Ι. Ηπείρου

ΑΤΕΛΙΕ
- Grafos

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Αγαπητοί εκπαιδευτικοί και μαθητές του Ναυτικού-Ναυτιλιακού Τομέα,

Σίγουρα θα γνωρίζετε ότι η Ελλάδα, ως πρώτη ναυτική εμπορική δύναμη στον κόσμο, διανύει την 5η χιλιετία ναυτικής δράσης. Η θάλασσα ήταν και θα είναι πάντα πηγή ζωής και τρόπος εσωτερικής και διεθνούς επικοινωνίας για τους ΄Ελληνες. Είναι ταυτισμένη με τη ζωή και την πορεία του λαού μας από την αρχαιότητα έως και σήμερα. Γνώση και πλούτος, δύναμη και βιοπορισμός, αλλά και δίψα για εμπειρίες και αναζήτηση διαφορετικού τρόπου ζωής ήταν τα κίνητρα που οδήγησαν τους ΄Ελληνες να ασχοληθούν με το υγρό στοιχείο και να κατακτήσουν όλες τις θάλασσες του κόσμου.

Είναι γενικά παραδεκτό ότι ένας από τους βασικούς παράγοντες που συντέλεσε στην εντυπωσιακή ανάπτυξη της Ελληνικής ναυτιλίας είναι το ανθρώπινο δυναμικό της και για το λόγο αυτό η προσπάθεια της πολιτείας έχει επικεντρωθεί στη δημιουργία ικανών στελεχών γέφυρας και μηχανής, τα οποία, με συνεχιζόμενη κατάρτιση και επιμόρφωση θα ανταποκρίνονται καθ' όλη τη διάρκεια της ενεργού ζωής τους στις απαιτήσεις των διεθνών εξελίξεων στις ναυτικές μεταφορές και των υπερσύγχρονων πλοίων όλων των τύπων.

Οι νέοι που θα αποφασίσουν να σταδιοδρομήσουν ως στελέχη του εμπορικού ναυτικού, πρέπει να γνωρίζουν ότι το επάγγελμα αυτό απαιτεί αυξημένη ψυχική και σωματική αντοχή και αγάπη για τη θάλασσα. Από την πλευρά της, η εμπορική ναυτιλία τούς προσφέρει μια δυναμική και αξιοπρεπή σταδιοδρομία με συγκριτικά πολύ υψηλότερες αποδοχές από αντίστοιχα επαγγέλματα της στεριάς. Επιπλέον, η πολιτεία, για την προσέλκυση των νέων στο ναυτικό επάγγελμα θεσμοθέτησε τη μείωση, από έξι έως δέκα μήνες, της στρατιωτικής θητείας των απόφοιτων των Ακαδημιών Εμπορικού Ναυτικού, στις οποίες φυσικά έχουν πρόσβαση οι απόφοιτοι των ΤΕΕ,.

Για την άρτια εκπαίδευση και κατάρτιση των στελεχών της εμπορικής ναυτιλίας μεριμνά η πολιτεία, επιδιώκοντας την εξασφάλιση ικανών εκπαιδευτικών και διδακτικών μέσων. Στα διδακτικά αυτά μέσα περιλαμβάνονται και τα διδακτικά βιβλία όπως και το παρόν, που εκδόθηκαν από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο για τις ανάγκες των μαθητών των ΤΕΕ, με τη διαδικασία που καθόρισε το ΕΠΕΑΕΚ του Β' ΚΠΣ.

Πρώτος Υπεύθυνος για το Ναυτικό - Ναυτιλιακό Τομέα υπήρξε ο αείμνηστος συνάδελφος Ανάργυρος Μαυρομματάκος, Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, στη μνήμη του οποίου επιθυμούμε να αφιερώσουμε τα βιβλία της πρώτης αυτής εκδοτικής σειράς, για να τιμήσουμε την προσφορά του στη μελέτη και σύνταξη των νέων προγραμμάτων σπουδών.

Σταμάτης Παλαιοκρασάς,
Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου
Υπεύθυνος του Ναυτικού-Ναυτιλιακού Τομέα

Περιεχόμενα

Πρόλογος του συγγραφέα

Σκοπός και έργο του ναυτικού είναι να πραγματοποιήσει το ταξίδι του πλοίου του από την αναχώρησή του έως το λιμάνι του προορισμού του με σύντομο και ασφαλή τρόπο, προλαμβάνοντας και αποφεύγοντας επικίνδυνες καταστάσεις.

΄Ενας από τους μεγαλύτερους κινδύνους της Ναυτιλίας, από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα, είναι οι καιρικές συνθήκες. Ο άνεμος και τα κύματα μπορούν όχι μόνο να αλλάξουν την πορεία του πλοίου, αλλά και να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές σε σκάφος και φορτίο. Η ομίχλη και η μειωμένη ορατότητα μπορούν να επηρεάσουν τη ναυτιλία, όχι μόνο κρύβοντας φάρους, ουράνια σώματα και σημεία στην ξηρά, αλλά και αυξάνοντας τον κίνδυνο σύγκρουσης ή προσάραξης. Ο εκμοντερνισμός της Ναυτιλίας με δορυφορικά συστήματα και ραδιοβοηθήματα δεν καταργεί την ανάγκη αυτή με κανένα τρόπο. Ακόμη και τα πιο σύγχρονα μέσα ηλεκτρονικής Ναυτιλίας επηρεάζονται από τον κακό καιρό, με αποτέλεσμα να μειώνεται η απόδοσή τους, ορισμένες φορές δραματικά.

΄Ισως ο σημερινός ναυτικός να μην χρειάζεται πιά να προβλέπει και να αναζητεί ευνοϊκούς ανέμους, αλλά η ανάγκη για την προστασία του σκάφους του από τον άνεμο, τα κύματα, τα παγόβουνα, παραμένει το ίδιο επιτακτική όπως χιλιάδες χρόνια πριν. Αντίθετα από τους θαλασσοπόρους της αρχαιότητας, διαθέτει μετεωρολογικά όργανα ακριβείας για τοπικές παρατηρήσεις και μπορεί να παίρνει μετεωρολογικά δελτία από ολόκληρο τον κόσμο. Πρέπει, λοιπόν να έχει τις γνώσεις που χρειάζονται για να επωφελείται από αυτά.

Στο μάθημα της Ναυτικής Μετεωρολογίας θα μάθουμε να κατανοούμε τις φυσικές διαδικασίες που προκαλούν τον καιρό. Με την γνώση αυτή, θα μπορούμε να χρησιμοποιούμε τις μετεωρολογικές πληροφορίες που παίρνουμε από τα μετεωρολογικά δελτία και τις δικές μας τοπικές παρατηρήσεις και να σχεδιάζουμε κάθε φορά την πορεία του πλοίου μας έτσι, ώστε να αποφεύγουμε επικίνδυνες καιρικές συνθήκες ή τουλάχιστο να έχουμε προετοιμασθεί να τις αντιμετωπίσουμε. Οι βασικές γνώσεις, που θα αποκομίσουμε, εφαρμόζονται στη μετεωρολογική Ναυτιλία. Αυτή είναι η τέχνη της εκμετάλλευσης κάθε μετεωρολογικής πληροφορίας για τη χάραξη και την εκτέλεση του ευνοϊκότερου και ασφαλέστερου πλου.

Το βιβλίο αυτό αποσκοπεί να δώσει στο μαθητή όχι μόνο βασικές γνώσεις πάνω στις φυσικές διαδικασίες που δημιουργούν τα καιρικά φαινόμενα στη θάλασσα, αλλά και γνώσεις πρακτικής εφαρμογής πάνω στην πρόγνωση του καιρού. Τα αρχικά κεφάλαια του βιβλίου εστιάζονται περισσότερο στην επεξήγηση των φυσικών μεγεθών και διεργασιών της ατμόσφαιρας, ώστε στα τελευταία κεφάλαια να ακολουθήσουν οι περισσότερο πρακτικές εφαρμογές. Για αυτό το λόγο, οι εισαγωγικές παράγραφοι των αρχικών κεφαλαίων δηλώνουν ότι "*οι γνώσεις που αποκτώνται στο κεφάλαιο αυτό εφαρμόζονται σε επόμενα κεφάλαια ώστε...*". Αντίθετα, οι εισαγωγικές παράγραφοι των τελευταίων κεφαλαίων συνήθως ξεκινούν "*Είδαμε στο κεφάλαιο .... . Εδώ θα μάθουμε με λεπτομέρεια...*". Είναι λοιπόν αναγκαίο να έχει καταλάβει κανείς τη φυσική διαδικασία των καιρικών φαινομένων, για να προχωρήσει με σιγουριά σε εφαρμογή τους στην πρόγνωση του καιρού και τη μετεωρολογική Ναυτιλία.

Στην αρχή κάθε κεφαλαίου υπάρχει ένας σύντομος πίνακας που περιλαμβάνει τα θέματα που καλύπτει το κεφάλαιο και τη νέα ορολογία που παρουσιάζει. Οι όροι παρουσιάζονται στα ελληνικά και για ορισμένους, τους πιο σημαντικούς, δίνεται και η αγγλική ονομασία. Στο τέλος κάθε κεφαλαίου υπάρχει η περίληψη που περιλαμβάνει, με σύντομο τρόπο, τα κυριότερα και χρησιμότερα συμπεράσματα του αντιστοίχου κεφαλαίου. Η περίληψη δεν αντικαθιστά, με κανένα τρόπο, τη μελέτη του κειμένου, όπου παρουσιάζεται η λογική ακολουθία των πληροφοριών και γνώσεων που οδηγούν στα συμπεράσματα. Για να ελέγξει ο μαθητής την κατανόηση και την εμπέδωση του υλικού, την περίληψη ακολουθούν ερωτήσεις και ασκήσεις.

Οι περισσότερες εικόνες του βιβλίου έχουν μεταφερθεί αυτούσιες ή τροποποιημένες από τις ιστοσελίδες (WEB pages) μετεωρολογικών οργανισμών και εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων της Ευρώπης και των ΗΠΑ. Ο πλούτος των μετεωρολογικών πληροφοριών στο διαδίκτυο (Internet) είναι ενδεικτικός της σημασίας της μετεωρολογίας.

Ευχαριστίες

Ο συγγραφέας ευχαριστεί θερμά το μετεωρολόγο της Πολεμικής Αεροπορίας, Επισμηναγό Ευστράτιο (ΜΤ) Μυριτζή, που με την κριτική ανάγνωση του αρχικού χειρογράφου και τις εύστοχες παρατηρήσεις του συνέβαλε σημαντικά στην ποιοτική βελτίωση του περιεχομένου. Επίσης ευχαριστεί την κυρία Μαρία Παπαθανασίου, επίκουρη καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Αθηνών και τον κύριο Ε. Παπαλεξανδρόπουλο, Πλοίαρχο (ΕΝ) και καθηγητή ΜΕ Ναυτικών Μαθημάτων για την ανάγνωση του αρχικού χειρογράφου και τις συμβουλές των.

Ευχαριστίες, τέλος, οφείλονται στους κριτές, κ.κ. Ε. Γκιάφη, Γ. Γιαλούρη και Σ. Μπέλεση, Πλοιάρχους Α' (Ε.Ν), καθηγητές ΜΕ Ναυτικών Μαθημάτων, για τη συμβολή τους στο έργο αυτό, καθώς και την κυρία Στέλλα Ζαχαριά του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου για τη και γλωσσική επιμέλεια του τελικού κειμένου.

Η Ατμόσφαιρα της Γης

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθουμε:

ΝΕΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ	ΟΡΟΛΟΓΙΑ
Τι είναι ο Καιρός και σε τι διαφέρει από το Κλίμα	Καιρός (Weather) Κλίμα (Climate)
Γενικές Πληροφορίες πάνω στη μορφή και τη χημική και φυσική σύσταση της Γήινης Ατμόσφαιρας	Ατμόσφαιρα (Atmosphere), Αιωρήματα, Υδρατμοί (Water Vapor), Όζον, Μοριακό Οξυγόνο, Υπεριώδης Ακτινοβολία, Οζονόσφαιρα, Στρώμα Όζοντος.
Τα στρώματα της ατμόσφαιρας	Τροπόσφαιρα (Troposphere), Τροπόπαυση (Tropopause), Στρατόσφαιρα (Stratosphere), Στρατόπαυση, Μεσόσφαιρα, Μεσόπαυση, Θερμόσφαιρα, Θερμόπαυση, Εξώσφαιρα, Ιονόσφαιρα.
Αλληλεπίδραση ατμόσφαιρας και θάλασσας	

Οι γνώσεις που θα αποκτήσουμε σε αυτό το κεφάλαιο αναφέρονται στην ατμόσφαιρα της Γης, που είναι και ο τόπος όπου εκδηλώνονται όλα τα μετεωρολογικά φαινόμενα. Οι πληροφορίες σχετικά με την ατμόσφαιρα θα αποτελέσουν τη βάση για να κατανοήσουμε τη δημιουργία και την εξέλιξη των καιρικών φαινομένων που ενδιαφέρουν το ναυτικό και περιγράφονται με περισσότερη λεπτομέρεια στα κεφάλαια που ακολουθούν.

Τι είναι ο Καιρός

Ο Καιρός είναι το σύνολο των μετεωρολογικών φαινομένων που παρατηρούνται στην ατμόσφαιρα της Γης, σε καθορισμένο τόπο και χρόνο. Δηλαδή η περιεκτικότητα σε υδρατμούς, η θερμοκρασία, η πίεση, οι κινήσεις (άνεμοι) της, η παρουσία σύννεφων κτλ. Αντίθετα με τον καιρό, όταν αναφερόμαστε στο κλίμα εννοούμε τις πιο συνηθισμένες καιρικές συνθήκες, σε μία περιοχή σε καθορισμένη εποχή.

Ο καιρός, λοιπόν, προσδιορίζεται για μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Ουσιαστικά, είναι το αποτέλεσμα συγκεκριμένης μετεωρολογικής παρατήρησης. Αντίθετα, το κλίμα αφορά το μέσο όρο των μετεωρολογικών συνθηκών για μία περιοχή για κάθε εποχή, και

προσδιορίζεται από μετεωρολογικές παρατηρήσεις πολλών χρόνων (30-35 τουλάχιστον).

Αν γνωρίζουμε το κλίμα μιας περιοχής (από την Γεωγραφία π.χ.), μπορούμε να υποθέσουμε, κάθε εποχή του χρόνου, ποιος είναι ο πιθανότερος καιρός.

Τι είναι η ατμόσφαιρα της Γης

Η ατμόσφαιρα της Γης είναι ένας σχετικά λεπτός φλοιός από αέρια (Άζωτο και Οξυγόνο και υδρατμούς κυρίως) που περιβάλλει τον πλανήτη μας. Η ατμόσφαιρα θεωρείται ότι αποτελεί ένα σώμα με το υπόλοιπο του πλανήτη μας και ακολουθεί όλες τις κινήσεις του.

Τα όρια της ατμόσφαιρας δεν μπορούν να προσδιορισθούν με ακρίβεια, διότι δεν υπάρχει μία συγκεκριμένη διαχωριστική επιφάνεια ανάμεσα στην ατμόσφαιρα και το διάστημα, αλλά η ατμόσφαιρα γίνεται ολοένα και αραιότερη, όσο αυξάνεται το ύψος. Σύγχρονες παρατηρήσεις υπολογίζουν το ύψος της ατμόσφαιρας στα 30.000 χλμ. Παρ' όλα αυτά το 95% της ατμοσφαιρικής μάζας βρίσκεται συγκεντρωμένο σε ένα στρώμα, πάχους 20-25 χλμ. Σε ένα ακόμη λεπτότερο στρώμα, ύψους περίπου 12 χλμ., βρίσκεται συγκεντρωμένο το 75% της ατμοσφαιρικής μάζας και, όπως θα δούμε στις επόμενες παραγράφους, αυτό το λεπτό στρώμα είναι ο αποκλειστικός χώρος, όπου εμφανίζονται τα καιρικά φαινόμενα στην πλειοψηφία τους.

Κατακόρυφη Δομή - Χαρακτηριστικά στρωμάτων της Ατμόσφαιρας

Η ατμόσφαιρα της Γης υποδιαιρείται καθ' ύψος σε φλοιούς (Εικόνα 1). Ο διαχωρισμός μεταξύ διαδοχικών φλοιών (στρωμάτων) δεν είναι σταθερός. Όλα τα στρώματα έχουν το μεγαλύτερο πάχος στον Ισημερινό και το μικρότερο στους Πόλους, ενώ έχουν ενδιάμεσο πάχος στις εύκρατες ζώνες. Κάθε στρώμα παρουσιάζει διαφορετικά χαρακτηριστικά, όμως τους ναυτικούς ενδιαφέρει η Τροπόσφαιρα διότι μέσα σε αυτήν εκδηλώνονται όλες οι μεταβολές του Καιρού.

Τροπόσφαιρα

Η Τροπόσφαιρα είναι ο πρώτος φλοιός της ατμόσφαιρας από την επιφάνεια της Γης μέχρι και ύψος 14 χλμ. κατά μέσο όρο (8 χλμ. στους Πόλους, 18 χλμ. στον Ισημερινό). Στην Τροπόσφαιρα η θερμοκρασία του αέρα ελαττώνεται όσο αυξάνεται το ύψος, κατά 0,65 βαθμούς Κελσίου κάθε 100 μέτρα, κατά μέσο όρο[1] . Είναι από μετεωρολογικής πλευράς το σημαντικότερο μέρος της γήινης ατμόσφαιρας και περιλαμβάνει το 75% της μάζας της και το σύνολο των υδρατμών. Στο στρώμα αυτό συμβαίνουν όλα τα σημαντικά καιρικά φαινόμενα. Η τροπόσφαιρα χωρίζεται από το επόμενο ατμοσφαιρικό στρώμα, την Στρατόσφαιρα, με την Τροπόπαυση.

Στρατόσφαιρα

Η Στρατόσφαιρα είναι ο δεύτερος φλοιός της ατμόσφαιρας. Εκτείνεται από την Τροπόπαυση μέχρι το ύψος των 50 χλμ. Χωρίζεται στην κατώτερη Στρατόσφαιρα (Τροπόπαυση-35 χλμ) και την ανώτερη Στρατόσφαιρα (35 χλμ-50 χλμ). Στην κατώτερη Στρατόσφαιρα η θερμοκρασία είναι σταθερή, ενώ στην ανώτερη Στρατόσφαιρα αυξάνεται, φθάνοντας τους 15 βαθμούς Κελσίου στο ύψος των 50 χλμ. όπου βρίσκεται η Στρατόπαυση.

Μεσόσφαιρα

Η Μεσόσφαιρα εκτείνεται από την Στρατόπαυση (50 χλμ) μέχρι το ύψος των 90 χλμ., όπου και βρίσκεται η Μεσόπαυση. Η θερμοκρασία αυτού του στρώματος είναι -90 βαθμοί Κελσίου.

Θερμόσφαιρα

Από τη Μεσόπαυση, στο ύψος των 90 χλμ. μέχρι το ύψος των 500 χλμ. εκτείνεται η Θερμόσφαιρα, όπου η θερμοκρασία αυξάνεται μέχρι 1500 βαθμούς Κελσίου. Η Θερμόσφαιρα καταλήγει στη Θερμόπαυση, έξω από την οποία εκτείνεται η Εξώσφαιρα.

Ιονόσφαιρα

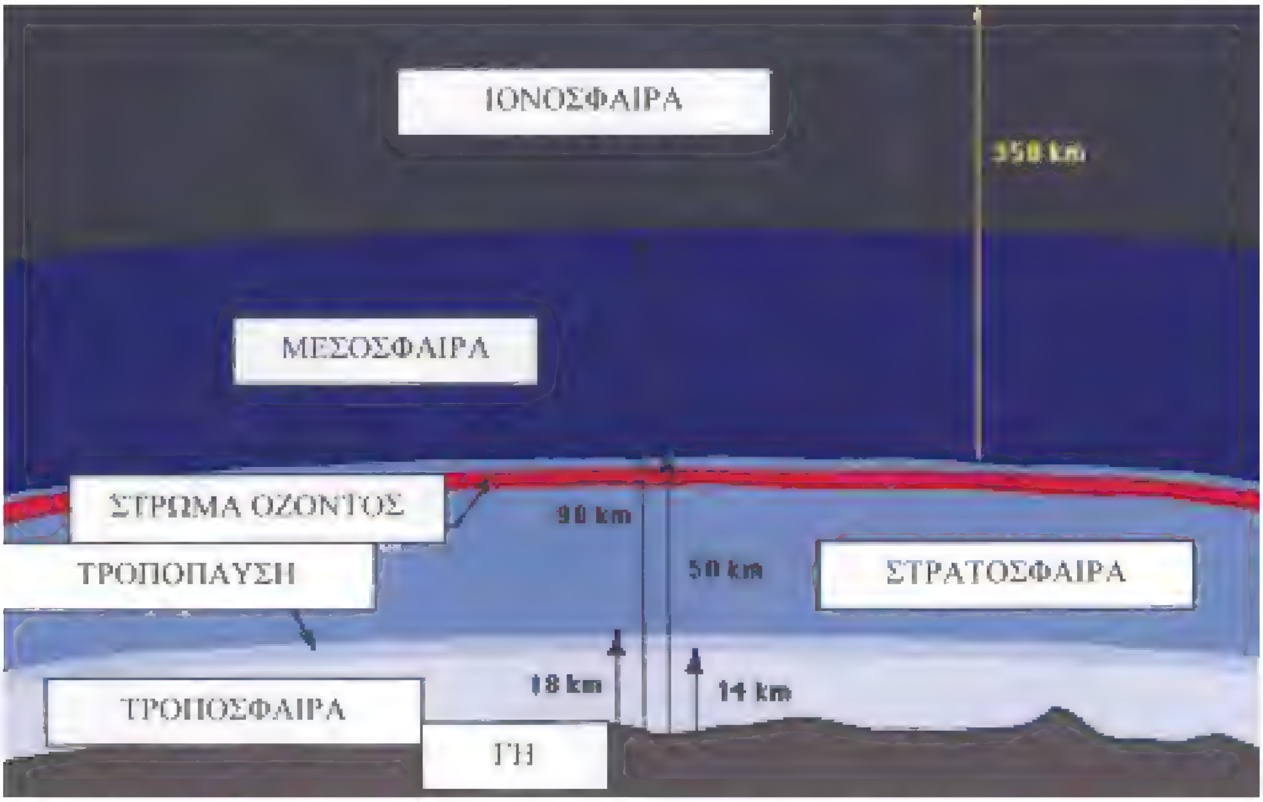
Η Ιονόσφαιρα δεν είναι ξεχωριστό στρώμα της ατμόσφαιρας. Αντίθετα, ξεκινά από το μέσον περίπου της μεσόσφαιρας (60-90 χλμ) και ξεπερνά τα 1000 χλμ. Η Ιονόσφαιρα δεν διαφέρει σε πυκνότητα, θερμοκρασία, υγρασία από τα στρώματα που καλύπτει. Έχει όμως μεγάλη, σχετικά, ηλεκτρική αγωγιμότητα και επηρεάζει τη διάδοση ραδιοκυμάτων και τις επικοινωνίες.

Φυσική και Χημική Σύσταση της Ατμόσφαιρας

Στα κατώτερα (μέχρι το ύψος των 25 χλμ) και μεσαία (25-100 χλμ) στρώματα η ατμόσφαιρα της Γης αποτελείται από:

- *Ξηρό Αέρα*

[1] *Όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο αυτή η ελάττωση ονομάζεται Κατακόρυφη Θερμοβαθμίδα.*



Εικόνα 1: Τα στρώματα της Ατμόσφαιρας. Τα ύψη σημειώνονται κατά προσέγγιση (Μετάφραση στα Ελληνικά, από Ιστοσελίδα του Dept. Physics & Astronomy, University of Tennessee)

- *Υδρατμούς (δηλαδή νερό σε αέρια Κατάσταση)*
- *Αιωρήματα (δηλαδή μικρά στερεά σωμάτια όπως σκόνη, καπνός, μικροί παγοκρύσταλλοι και άλλα)*

Ξηρός Αέρας

Ο Ξηρός αέρας έχει την παρακάτω σύνθεση:

- *Άζωτο (N) με περιεκτικότητα 75% κατά βάρος (78% κατ΄ όγκο)*
- *Οξυγόνο (O) με περιεκτικότητα 23% κατά βάρος (21 % κατ΄ όγκο)*
- *Αργό (Ar) με περιεκτικότητα 1,3% κατά βάρος*
- *Διοξείδιο του άνθρακα 0,5% κατά βάρος*
- *΄Ιχνη υδρογόνου, όζοντος, ευγενών αερίων.*

Η σύνθεση αυτή της ατμόσφαιρας στα κατώτερα στρώματα είναι σταθερή από τόπο σε τόπο, επειδή η ατμόσφαιρα βρίσκεται συνεχώς σε κίνηση, άρα και η ανάμιξη είναι έντονη.

Υδρατμοί

Οι υδρατμοί προέρχονται από την εξάτμιση υδάτινων επιφανειών (θαλασσών, ποταμών, λιμνών). Η ποσότητα υδρατμών που περιέχονται στην ατμόσφαιρα μεταβάλλεται πάρα πολύ με τον τόπο και το χρόνο. ΄Ενα παράδειγμα είναι η υγρασία στην ατμόσφαιρα των ερήμων, σε σχέση με αυτή των παραλίων τόπων.

Η διαδικασία εξάτμιση-υγροποίηση του νερού στην ατμόσφαιρα είναι από τους βασικότερους παράγοντες δημιουργίας ατμοσφαιρικών διαταραχών. Επιπρόσθετα, οι υδρατμοί παίζουν σπουδαίο ρόλο στις λειτουργίες απορρόφησης της Ηλιακής Ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα, όπως και θα δούμε σε επόμενα κεφάλαια. Οι υδρατμοί, λοιπόν, είναι από τα σημαντικότερα αέρια συστατικά της ατμόσφαιρας. Στους ατμοσφαιρικούς υδρατμούς αναφέρεται ολόκληρο το κεφάλαιο **"Το Νερό στην Ατμόσφαιρα της Γης"**

΄Οζον

Στο σημείο αυτό θα προσθέσουμε λίγα λόγια για το ΄Οζον. Το ΄Οζον, αν και η ποσότητά του στην ατμόσφαιρα είναι πολύ μικρή (Λιγότερο από 0.0001 % κατά βάρος), παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στις διαδικασίες απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας.

Το Όζον παράγεται από την επίδραση της ακτινοβολίας του ήλιου στο ατμοσφαιρικό οξυγόνο. Γνωρίζουμε από τη χημεία ότι το μόριο του Οξυγόνου αποτελείται από δύο άτομα (δηλαδή το μοριακό Οξυγόνο είναι διατομικό). Κάτω από την επίδραση της Υπεριώδους ακτινοβολίας του ήλιου, ένα μέρος του μοριακού οξυγόνου διασπάται σε άτομα. Το υπόλοιπο προσλαμβάνει και τρίτο άτομο, από εκείνα που προήλθαν από τη διάσπαση, και μετατρέπεται στο Όζον. Το Όζον λοιπόν είναι τριατομικό Οξυγόνο που απορροφά την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία και προστατεύει τους ζωντανούς οργανισμούς στην επιφάνεια της Γης από αυτήν. Παράλληλα, η απορρόφηση της υπεριώδους ακτινοβολίας έχει ως αποτέλεσμα τη θέρμανση των ατμοσφαιρικών στρωμάτων που περιέχουν Όζον.

Η Οζονόσφαιρα (στρώμα του όζοντος) εκτείνεται από 15 χλμ. έως 35 χλμ.

Ατμόσφαιρα και Θάλασσα.

Η ατμόσφαιρα αλληλεπιδρά με τη θάλασσα και η αλληλεπίδραση αυτή είναι σημαντική τόσο διότι επηρεάζει έντονα τις μετεωρολογικές διαδικασίες, όσο και γιατί η επίδρασή της στη θάλασσα είναι το βασικό σημείο ενδιαφέροντος για τους ναυτικούς.

Τα δύο βασικότερα παραδείγματα αυτής της στενής αλληλεπίδρασης είναι ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας με υδρατμούς από την εξάτμιση στην επιφάνεια των θαλασσών και, αντίστροφα, η δημιουργία των θαλάσσιων κυμάτων κάτω από την επίδραση του ανέμου.

Περίληψη

- Ο Καιρός είναι το σύνολο των μετεωρολογικών φαινομένων που παρατηρούνται στην ατμόσφαιρα της Γης.Το Κλίμα, αντίθετα, αναφέρεται στις μέσες (από παρατηρήσεις 30-35 χρόνων τουλάχιστον) καιρικές συνθήκες σε μία περιοχή σε καθορισμένη εποχή.
- Η ατμόσφαιρα είναι ένας σχετικά λεπτός φλοιός από αέρια (άζωτο, οξυγόνο και υδρατμούς κυρίως) που περιβάλλει την Γη. Το 75% της ατμοσφαιρικής μάζας περιλαμβάνεται σε ένα στρώμα ύψους μόνο 12-14 χλμ. Στο στρώμα αυτό (Τροπόσφαιρα) εμφανίζονται τα μετεωρολογικά φαινόμενα.
- Τα βασικά συστατικά των κατώτερων ατμοσφαιρικών στρωμάτων είναι Άζωτο (Ν) 75% και Οξυγόνο (Ο) 23% κατά βάρος. Κατ΄ όγκο είναι Άζωτο (Ν) 78% και Οξυγόνο (Ο) 21%. Το υπόλοιπο 2% (1% κατ΄ όγκο) περιλαμβάνει διοξείδιο του άνθρακα, Αργό, ήλιο κτλ.
- Οι Υδρατμοί προέρχονται από την εξάτμιση υδάτινων επιφανειών (θαλασσών, ποταμών, λιμνών). Είναι από τους βασικότερους παράγοντες δημιουργίας ατμοσφαιρικών διαταραχών και παίζουν σπουδαίο ρόλο στις λειτουργίες απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα.
- Το Όζον παράγεται από την επίδραση της ακτινοβολίας του ήλιου στο ατμοσφαιρικό Οξυγόνο. Απορροφά την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία, με αποτέλεσμα να προστατεύει τους ζωντανούς οργανισμούς στην επιφάνεια της Γης από αυτήν, και να συμβάλλει στη θέρμανση των ατμοσφαιρικών στρωμάτων που περιέχουν Όζον.
- Η Τροπόσφαιρα είναι ο πρώτος φλοιός της ατμόσφαιρας από την επιφάνεια της Γης μέχρι και ύψος 14 χλμ. κατά μέσο όρο. Η θερμοκρασία του αέρα ελαττώνεται όσο αυξάνεται το ύψος, κατά 0,65 βαθμούς Κελσίου κάθε 100 μέτρα. Περιλαμβάνει το 75% της ατμοσφαιρικής μάζας και το σύνολο των υδρατμών. Στο στρώμα αυτό συμβαίνουν όλα τα σημαντικά καιρικά φαινόμενα και γι’ αυτό έχει ενδιαφέρον για το ναυτικό. Η Τροπόσφαιρα χωρίζεται από το επόμενο ατμοσφαιρικό στρώμα, την στρατόσφαιρα με την Τροπόπαυση.
- Η Στρατόσφαιρα είναι ο δεύτερος φλοιός της ατμόσφαιρας. Εκτείνεται από την Τροπόπαυση μέχρι το ύψος των 50 χλμ.
- Η Μεσόσφαιρα εκτείνεται από την Στρατόπαυση (50 χλμ) μέχρι το ύψος των 90 χλμ. όπου και βρίσκεται η Μεσόπαυση. Έχει θερμοκρασία -90 βαθμών Κελσίου.
- Η Θερμόσφαιρα εκτείνεται από τη Μεσόπαυση (85 χλμ) μέχρι το ύψος των 500 χλμ., όπου και βρίσκεται η Θερμόπαυση. Έχει θερμοκρασία 1500 βαθμών Κελσίου.
- Η Εξώσφαιρα είναι η περιοχή της ατμόσφαιρας, πάνω από τα 500 χλμ.
- Η Ιονόσφαιρα εκτείνεται από 60 χλμ. έως 1000 χλμ.
- Η Οζονόσφαιρα (Στρώμα του όζοντος) εκτείνεται από 15 χλμ. έως 35 χλμ.
- Τα δύο βασικότερα παραδείγματα της στενής αλληλεπίδρασης ατμόσφαιρας - θάλασσας είναι ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας με υδρατμούς από την εξάτμιση στην επιφάνεια των θαλασσών και, αντίστροφα, τα θαλάσσια κύματα κάτω από την επίδραση του ανέμου.

Ερωτήσεις Επανάληψης

- Μπορείτε να διατυπώσετε περιληπτικά, τι είναι η ατμόσφαιρα της Γης;
- Μπορείτε να περιγράψετε τις διαφορές του καιρού από το κλίμα; Η μετεωρολογική παρατήρηση της σημερινής ημέρας δίνει τον καιρό, ή το κλίμα;
- Στην περιοχή σας, η Μετεωρολογική Υπηρεσία έχει καταγράψει τις παρατηρήσεις της, για τα τελευταία πενήντα χρόνια. Η επεξεργασία του συνόλου των παρατηρήσεων θα δώσει τον τοπικό καιρό, ή το κλίμα της περιοχής;
- Μπορείτε να περιγράψετε τα στρώματα της ατμόσφαιρας;
- Δώστε μία σύντομη περιγραφή της Ιονόσφαιρας και της σχέσης της με τα υπόλοιπα στρώματα της ατμόσφαιρας.
- Δώστε μία σύντομη περιγραφή του στρώματος του Όζοντος και της σχέσης του με τα υπόλοιπα στρώματα της ατμόσφαιρας.
- Από ύψος 25 χλμ. πάνω από την επιφάνεια της Γης, μέχρι τα όρια της ατμόσφαιρας, πόσο επί τοις εκατό της ατμοσφαιρικής μάζας περιέχεται; Με βάση την απάντησή σας δικαιολογήστε αν είναι σημαντική για τη μετεωρολογία, ή όχι, αυτή η ατμοσφαιρική περιοχή. Ποιο μέρος, επί τοις εκατό, της ατμοσφαιρικής μάζας ΔΕΝ περιέχεται στην τροπόσφαιρα;
- Ποια είναι τα δύο αέρια στην ατμόσφαιρα της Γης που εμφανίζονται στη μεγαλύτερη αναλογία; Ποια είναι τα κατά βάρος ποσοστά καθενός από αυτά;
- Μπορείτε να δώσετε παραδείγματα από την αλληλεπίδραση ατμόσφαιρας-θάλασσας;

Ασκήσεις - Εργασίες

- Η θερμοκρασία του αέρα στο έδαφος είναι 30 βαθμοί Κελσίου. Πόση θερμοκρασία έχουμε σε ύψος 3.000 μέτρων; (Θυμηθείτε ότι στην Τροπόσφαιρα η θερμοκρασία του αέρα ελαττώνεται όσο αυξάνεται το ύψος, κατά 0,65 βαθμούς Κελσίου κάθε 100 μέτρα, κατά μέσο όρο).
- Ποια ατμοσφαιρικά στρώματα καλύπτει, ολικά ή μερικά, η Ιονόσφαιρα; (Παραστήστε με σχήμα)
- Ποια ατμοσφαιρικά στρώματα καλύπτει, ολικά ή μερικά, η οζονόσφαιρα; (Παραστήστε με σχήμα)

Θερμοκρασία του Αέρα, Πηγές Θερμότητας

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθουμε:

ΝΕΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ	ΟΡΟΛΟΓΙΑ
Τη σημασία της ηλιακής ακτινοβολίας στα ατμοσφαιρικά φαινόμενα	*Άμεση Ηλιακή Ακτινοβολία Διάχυτη Ηλιακή Ακτινοβολία Ολική Ηλιακή Ακτινοβολία Ηλιακή Σταθερά (Solar Constant) Γήινη Ακτινοβολία ή Ακτινοβολία Εδάφους Ακτινοβολία της Ατμόσφαιρας*
Τους παράγοντες που επηρεάζουν την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα της Γης	*Απορρόφηση Ακτινοβολίας Επανεκπομπή Ακτινοβολίας*
Τι προκαλεί το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου	*Φαινόμενο Θερμοκηπίου (Greenhouse Effect)*
Τι είναι η Θερμότητα και τι η Θερμοκρασία, Μονάδες Μέτρησης	*Θερμότητα Θερμικές Κινήσεις Διάδοση Θερμότητας με Μεταφορά, με Αγωγή Με Ακτινοβολία, Θερμίδα (Calorie) Θερμοκρασία (Temperature), Βαθμός Κελσίου (Celsius), Βαθμός Φαρενάιτ (Farenheit), Βαθμός Κέλβιν (Kelvin), Διαστολή-Συστολή Ειδική Θερμότητα, Θερμοχωρητικότητα Λανθάνουσα Θερμότητα (Latent Heat), Ψύξη με Ακτινοβολία (Radiation Cooling)*
Θερμόμετρα	*Θερμόμετρο Υδράργυρου, (Υδραργυρικό, Mercurial Thermometer), Διμεταλλικό Θερμόμετρο, Θερμογράφος.*
Πώς θερμαίνεται ο ατμοσφαιρικός αέρας	*Θέρμανση απο Ακτινοβολία (Radiation), Θέρμανση απο Αγωγή (Conduction), Θέρμανση απο Μεταφορά (Convection), Θερμομετρικό Εύρος (Variation of Temperature), Ισόθερμες Καμπύλες, Εκτόνωση-Συμπίεση*
Μεταβολές θερμοκρασίας του αέρα, χάραξη των Ισόθερμων καμπυλών	*Κατακόρυφη Θερμοβαθμίδα (Standard Lapse Rate), Αδιαβατική Θερμοβαθμίδα (Adiabatic Lapse Rate), Θερμοκρασιακή Αναστροφή (Temperature Inversion), Επιφανειακή Αναστροφή, Ανωτέρα Αναστροφή.*

Με τις γνώσεις μας αυτές θα μπορούμε να κατανοούμε τις διαδικασίες με τις οποίες ο ήλιος (που είναι και η κύρια πηγή θερμότητας) δίνει ενέργεια στην ατμόσφαιρα, και πώς η ενέργεια αυτή απορροφάται ή επανεκπέμπεται πίσω στο διάστημα. Η ενέργεια αυτή προκαλεί τα μετεωρολογικά φαινόμενα και θα δούμε με λεπτομέρεια, στη συνέχεια του κεφαλαίου, πώς κατανέμεται στα στρώματα της ατμόσφαιρας και με ποιο τρόπο μετριέται. Θα χρειασθεί να θυμηθούμε μερικά πράγματα που έχουμε μάθει στην Φυσική, σχετικά με τη θερμότητα, τη θερμοκρασία και τη σχέση τους. Με βάση αυτά που θα μάθουμε στο κεφάλαιο αυτό, θα μπορέσουμε να κατανοήσουμε πώς θερμαίνεται η ατμόσφαιρα και, σε επόμενα κεφάλαια, πώς δημιουργείται η ατμοσφαιρική κυκλοφορία, η ομίχλη, η βροχή και τα άλλα καιρικά φαινόμενα που μας ενδιαφέρουν.

Η Ηλιακή Ακτινοβολία, Είδη και Σημασία της

Η πρωταρχική αιτία για όλα τα φυσικά φαινόμενα που συμβαίνουν και εξελίσσονται στην ατμόσφαιρα της Γης είναι η ηλιακή ακτινοβολία, διότι από αυτήν αντλούν την ενέργειά τους. Οι ακτίνες του ήλιου, περνώντας από την ατμόσφαιρα, ή φθάνουν και θερμαίνουν το έδαφος, ή διαχέονται (θα δούμε σε επόμενη παράγραφο πώς) ή απορροφώνται από την ατμόσφαιρα, ή ανακλώνται πίσω στο διάστημα. Στις παραγράφους που ακολουθούν θα εξετάσουμε καθεμιά περίπτωση χωριστά.

Άμεση Ηλιακή Ακτινοβολία

Το μεγαλύτερο μέρος από την ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στην κορυφή της γήινης ατμόσφαιρας, τη διαπερνά και καταλήγει τελικά στο έδαφος ως δέσμη παράλληλων ακτίνων (ή απευθείας ή μετά από διάθλαση). Αυτή είναι η Άμεση Ηλιακή Ακτινοβολία (Στην Εικόνα 2 βλέπουμε ότι μέρος της Άμεσης (51% της συνολικής) απορροφάται από το έδαφος και μέρος ανακλάται από αυτό[2]).

Διάχυτη Ηλιακή Ακτινοβολία

΄Ενα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας διαχέεται στην ατμόσφαιρα. Δηλαδή, υφίσταται πολλαπλές διαθλάσεις, και φθάνει τελικά στο έδαφος, όχι πια ως δέσμη παράλληλων ακτίνων, αλλά ως ακτινοβολία από όλα τα σημεία του ουρανού. Αυτή είναι η Διάχυτη Ηλιακή Ακτινοβολία (Από την Ολική Προσπίπτουσα 19% Απορροφάται και Διαχέεται από την Ατμόσφαιρα).

Ολική Ηλιακή Ακτινοβολία

Η Ολική Ηλιακή Ακτινοβολία είναι ίση με το άθροισμα της άμεσης συν τη διάχυτη. Είναι δηλαδή το συνολικό ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει και θερμαίνει το έδαφος. Η ακτινοβολία αυτή φθάνει στην επιφάνεια ως ορατό Φως. Από τις δύο συνιστώσες της, η άμεση ακτινοβολία είναι η πιο σημαντική.

Γήινη Ακτινοβολία (Ακτινοβολία Εδάφους)

Το έδαφος, όταν θερμανθεί από την ολική ηλιακή ακτινοβολία (Το 51% της ολικής ακτινοβολίας, όπως βλέπουμε στην Εικόνα 2), εκπέμπει με τη σειρά του τη γήινη ακτινοβολία προς την ατμόσφαιρα. Αυτή η ακτινοβολία είναι και ένας από τους μηχανισμούς με τους οποίους ψύχεται το έδαφος. Εδώ σημειώνουμε πώς, όπως μάθαμε στη Φυσική, ένα θερμό σώμα στις συνήθεις θερμοκρασίες (στην περίπτωση αυτή το έδαφος) δέχεται την ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οπτικά μήκη κύματος, στα οποία είναι διαφανής η ατμόσφαιρα, αλλά ακτινοβολεί σε υπέρυθρα μήκη κύματος που είναι αόρατα. Παρατηρώντας την Εικόνα 2 βλέπουμε πώς θερμαίνεται το έδαφος, ενώ παρατηρώντας την Εικόνα 3 βλέπουμε πώς ακτινοβολεί θερμαινόμενο.

Ακτινοβολία της Ατμόσφαιρας

Η ατμόσφαιρα, όταν θερμαίνεται, εκπέμπει την ακτινοβολία της ατμόσφαιρας προς όλες τις κατευθύνσεις σε υπέρυθρα μήκη κύματος.

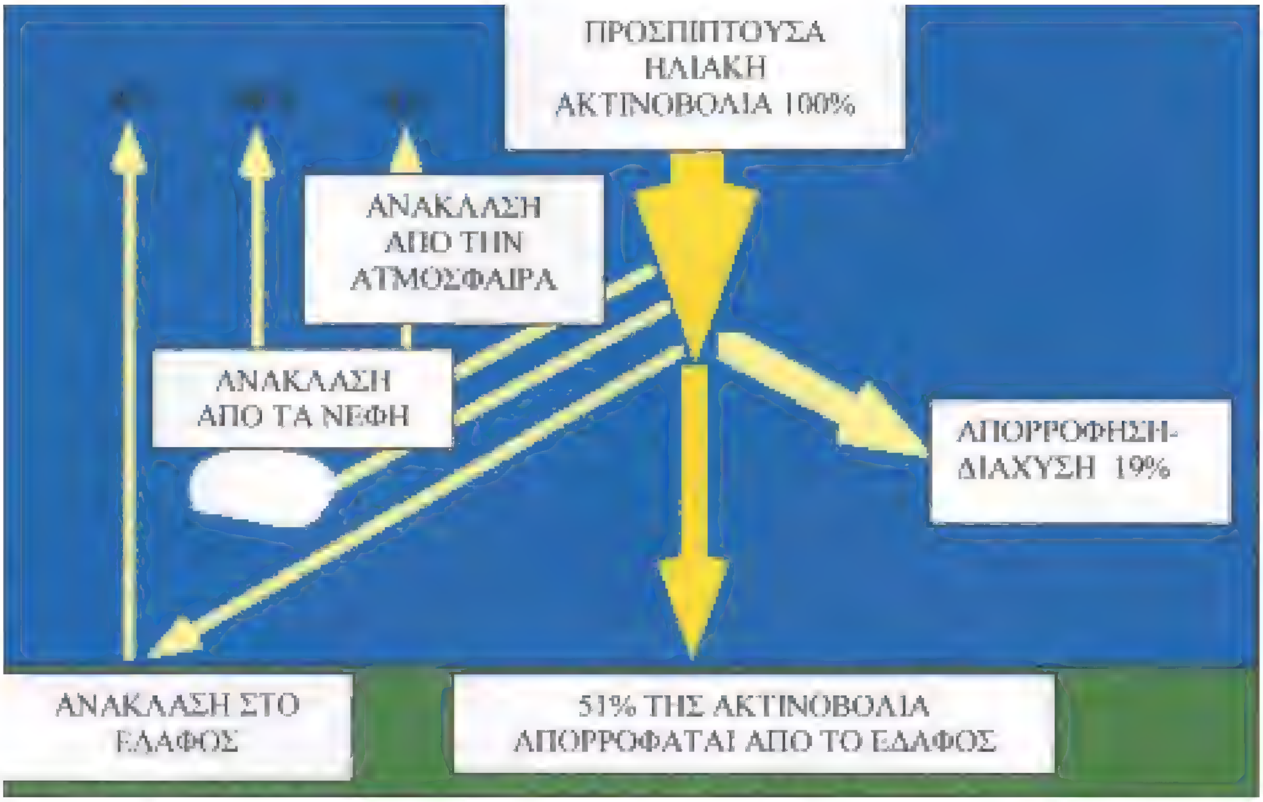
Ανακλώμενη Ακτινοβολία

Μέρος της ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της Γης ανακλάται αρχικά από το έδαφος προς τα επάνω και στη συνέχεια από τα σύννεφα προς τα κάτω και ονομάζεται ανακλώμενη ακτινοβολία.

Ηλιακή Σταθερά

Είναι σημαντικό να γνωρίζει κανείς την ποσότητα ηλιακής ενέργειας που φθάνει στην ατμόσφαιρα της Γης από τον ήλιο πριν από την ανάκλαση, διάχυση, και απορρόφηση, που έχουμε αναφέρει παραπάνω. Αυτή την ενέργεια χαρακτηρίζει η Ηλιακή Σταθερά. Η Ηλιακή Σταθερά είναι η ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που δέχεται η μονάδα επιφάνειας, σε ένα λεπτό, τοποθετημένη κάθετα στις ηλιακές ακτίνες, στα όρια της ατμόσφαιρας στη μέση απόσταση Γης-ήλιου. Οι με-

[2] *Την ακτινοβολία που ανακλάται απο το έδαφος δεν πρέπει να τη συγχέουμε με εκείνη που εκπέμπει το έδαφος, όταν θερμαίνεται και λέγεται "ακτινοβολία εδάφους ή γήινη ακτινοβολία", όπως θα δούμε σε επόμενη παράγραφο.*



Εικόνα 2: Τα είδη της Ηλιακής Ακτινοβολίας (από την Ιστοσελίδα των Royal British Columbia Museum και Okanagan University College)

τρήσεις δίνουν ότι η Ηλιακή Σταθερά είναι 2.0 Cal/cm^2.min (Θερμίδες ανά τετραγωνικό εκατοστό και ανά πρώτο λεπτό). Δηλαδή, μία επιφάνεια ενός τετραγωνικού εκατοστού, κάθετη στις ακτίνες του ήλιου στα όρια της ατμόσφαιρας, δέχεται ενέργεια δύο θερμίδων (Cal) κάθε λεπτό.

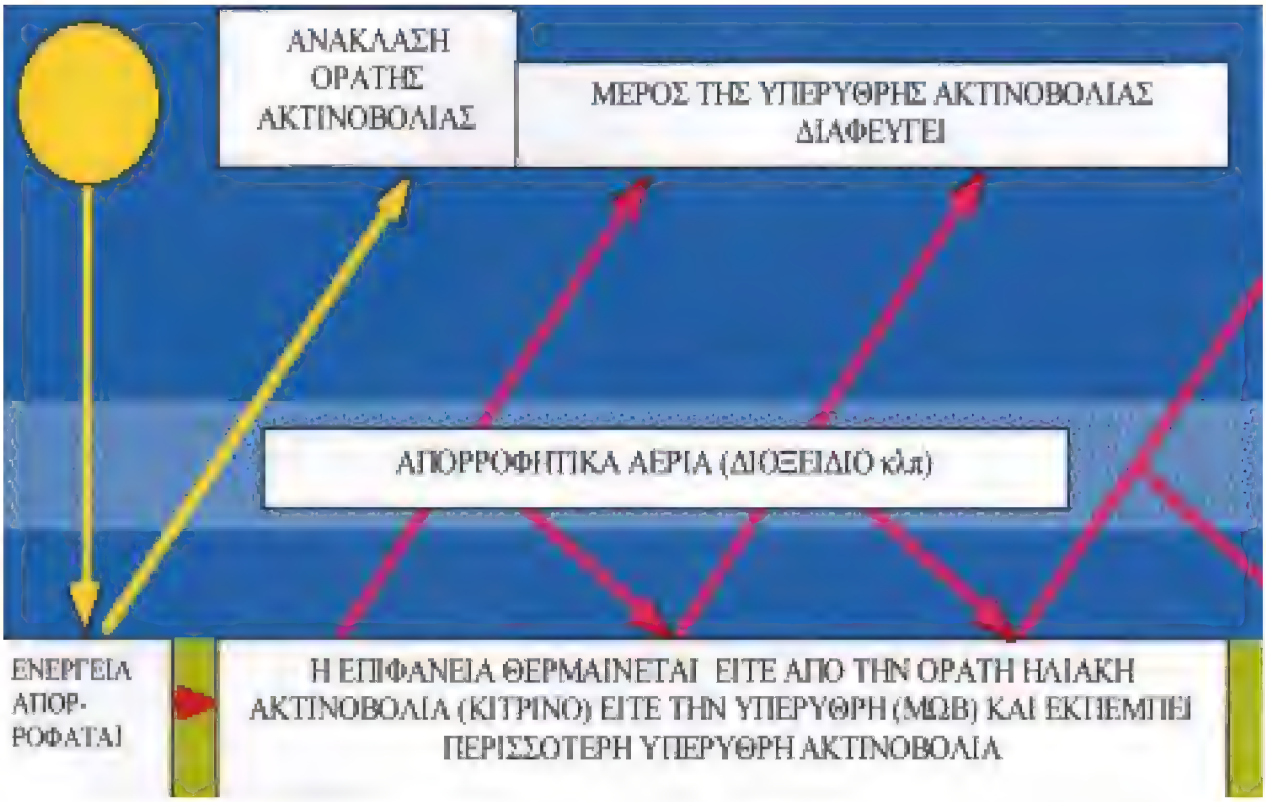
Απορρόφηση Ηλιακής Ακτινοβολίας - Φαινόμενο Θερμοκηπίου.

Από όλες τις ακτινοβολίες που αναφέρονται στις προηγούμενες παραγράφους, η άμεση και η διάχυτη ακτινοβολία διαδίδονται στην ατμόσφαιρα ως ορατό φως, ενώ οι ακτινοβολίες της ατμόσφαιρας και της Γης ως υπέρυθρη ακτινοβολία.

Η ατμόσφαιρα της Γης απορροφά μέρος του ορατού φωτός και μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας, αλλά και εκπέμπει με τη σειρά της. Για να βρίσκεται η Γη σε σταθερή κατά μέσο όρο θερμοκρασία, (να μην θερμαίνεται διαρκώς ή να ψύχεται διαρκώς) πρέπει η ακτινοβολία που διεισδύει στο σύστημα εδάφους-ατμόσφαιρας, να είναι ίση με την ενέργεια που ακτινοβολείται προς το διάστημα. Η ενέργεια, που ακτινοβολείται στο διάστημα, είναι εκείνη που εκπέμπεται από την ατμόσφαιρα στα όριά της, και η οποία προέρχεται από θέρμανση ατμόσφαιρας ή από ηλιακή ή από γήινη ακτινοβολία.

Αν για κάποιο λόγο, στην ατμόσφαιρα, μπορεί να εισέλθει η ορατή ακτινοβολία, ενώ εμποδίζεται να εξέλθει η υπέρυθρη ακτινοβολία, έχουμε συσσώρευση ενέργειας και θέρμανση. Η αύξηση της θερμοκρασίας δεν συνεχίζεται επ' άπειρον. Φθάνει μέχρι το σημείο που η υπέρυθρη ακτινοβολία προς το διάστημα αυξάνεται σε τέτοιο επίπεδο, ώστε να είναι ίση με την προσπίπτουσα και το σύστημα να ισορροπήσει.

Αυτό είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το φαινόμενο πήρε το όνομά του από τα θερμοκήπια, επειδή το γυάλινο περίβλημά τους κάνει αυτό ακριβώς, δηλαδή επιτρέπει στο ορατό φως να περνά προς τα μέσα, αλλά παρεμποδίζει την υπέρυθρη ακτινοβολία να διαφεύγει προς τα έξω. Στην ατμόσφαιρα της Γης, αντί για το γυάλινο περίβλημα, έχουμε τους υδρατμούς και το διοξείδιο του άνθρακα που επιτρέπουν στην ορατή ακτινοβολία του ήλιου την είσοδο, αλλά απορροφούν την υπέρυθρη ακτινοβολία του εδάφους και της ατμόσφαιρας (βλ. και Εικόνα 3, όπου παρουσιάζεται σχηματικά ο μηχανισμός).



Εικόνα 3: Η Γήινη Ακτινοβολία και το φαινόμενο του ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ (από την Ιστοσελίδα των Royal British Columbia Museum και Okanagan University College)

Θερμότητα-Θερμοκρασία Γενικά

Στο σημείο αυτό θα θυμηθούμε μερικές βασικές γνώσεις της Φυσικής, που είναι απαραίτητες για να κατανοήσουμε τις διαδικασίες θέρμανσης του ατμοσφαιρικού αέρα.

Θερμότητα

Η Θερμότητα είναι μία μορφή ενέργειας που αποθηκεύεται σε ένα σώμα (Στερεό, υγρό, αέριο) σε μορφή ταλαντώσεων ή και κινήσεων των σωματιδίων (ατόμων, μορίων, κτλ.) που το αποτελούν. Στα στερεά, για παράδειγμα, όσο τους δίνεται θερμότητα τόσο εντονότερες είναι οι ταλαντώσεις των μορίων τους. Στα αέρια, αντίστοιχα, όσο τους δίνεται θερμότητα, τόσο γρηγορότερες είναι οι κινήσεις των μορίων τους. (Οι κινήσεις και ταλαντώσεις που περιγράψαμε ονομάζονται και θερμικές κινήσεις και έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό τους ότι γίνονται άτακτα και με τυχαίο τρόπο).

Η θερμότητα έχει μονάδες που ονομάζονται θερμίδες, όπως είδαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η θερμίδα (Cal) είναι μονάδα ενέργειας και ισούται με 4.184 Joule. Ισοδύναμα, αν σε ένα σώμα δώσουμε ισχύ 1 Watt (όπου 1 Watt=1 Joule/sec), η θερμότητά του αυξάνεται με ρυθμό 0.2389 Cal/sec.

Θερμοκρασία

Είδαμε στην προηγούμενη παράγραφο ότι θερμότητα είναι η ενέργεια που περιέχεται στα διάφορα σώματα αποθηκευμένη σε μορφή άτακτων θερμικών κινήσεων. *Η θερμοκρασία μετρά, κατά μέσο όρο, την ενέργεια των ατόμων ή μορίων εξαιτίας αυτών των θερμικών κινήσεων.*

Όταν δύο σώματα έρθουν σε επαφή, τότε, στο σημείο επαφής, οι θερμικές κινήσεις του ενός επηρεάζουν τις θερμικές κινήσεις του άλλου και το συνολικό αποτέλεσμα είναι ροή ενέργειας και συγκεκριμένα θερμότητας από το ένα στο άλλο. Όταν οι θερμοκρασίες είναι ίσες, τότε οι μέσες ενέργειες των θερμικών κινήσεων είναι ίσες και δεν έχουμε ροή θερμότητας. Σε αντίθετη περίπτωση, από τα μόρια ή άτομα που έχουν τη μεγαλύτερη, κατά μέσο όρο, ενέργεια παίρνουν ενέργεια εκείνα που έχουν τη μικρότερη. *Το αποτέλεσμα είναι ότι η θερμότητα ρέει απο τις υψηλότερες προς τις χαμηλότερες θερμοκρασίες* (βλ. Εικόνα 4).



Εικόνα 4: Τα βέλη δείχνουν την ροή θερμότητας από τη θερμότερη (κόκκινη) περιοχή προς την ψυχρότερη (μπλε).

Διάδοση-Ανταλλαγή Θερμότητας

Η ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσα σε διαφορετικά σώματα γίνεται με τρεις τρόπους:

Αγωγή: Δηλαδή μεταφορά από σωμάτιο σε σωμάτιο της ενέργειας, όπως περιγράψαμε και στην προηγούμενη παράγραφο. Αυτό το είδος διάδοσης της θερμότητας επικρατεί κυρίως στα μέταλλα, που εμφανίζουν μεγάλη αγωγιμότητα. Ο ατμοσφαιρικός αέρας έχει μικρή αγωγιμότητα και, όπως θα δούμε, αυτό έχει ως αποτέλεσμα να θερμαίνεται (ή να ψύχεται) πάντοτε το λεπτό στρώμα του που βρίσκεται σε επαφή με θερμή (ψυχρή αντίστοιχα) επιφάνεια, όπως το έδαφος.

Μεταφορά (ρευστά μόνον): Όταν μέρος του ρευστού αποκτήσει υψηλή θερμοκρασία διαστέλλεται, η πυκνότητά του μειώνεται και αρχίζει να μετακινείται προς τα επάνω, σχηματίζοντας ρεύμα μεταφοράς, ενώ ψυχρότερο ρευστό έρχεται να πάρει τη θέση που αυτό αφήνει. Είναι μία μέθοδος ανταλλαγής θερμότητας, ιδιαίτερα σημαντική για τη μετεωρολογία, όπου μεγάλο μέρος των κινήσεων του ατμοσφαιρικού αέρα και ιδιαίτερα των κατακόρυφων είναι ρεύματα μεταφοράς, αφού η αγωγιμότητα του ατμοσφαιρικού αέρα είναι μικρή.

Ακτινοβολία: Τα θερμά σώματα εκπέμπουν, συνήθως, υπέρυθρη ακτινοβολία και ψύχονται. Τα ψυχρότερα σώματα απορροφούν την ακτινοβολία και θερμαίνονται. Ισορροπία έχουμε, όταν αποκατασταθεί η ίδια θερμοκρασία παντού, οπότε όλα τα σώματα εκπέμπουν και απορροφούν το ίδιο ποσό ακτινοβολίας.

Μονάδες Μέτρησης Θερμοκρασίας

Η θερμοκρασία μετριέται με τα θερμόμετρα και υπάρχουν διάφορες κλίμακες μέτρησης. Οι πιο συνηθισμένες είναι οι κλίμακες Κελσίου (Celcius, σύμβολο C^0), Κέλβιν (Kelvin, σύμβολο K) και Φαρενάιτ (Farenheit, σύμβολο F^0). Η σχέση των τριών κλιμάκων φαίνεται παρακάτω:

- *Στην κλίμακα Κελσίου, το σημείο βρασμού του νερού είναι στους 100 C^0 και το σημείο παγοποίησης στους 0 C^0.*
- *Στην κλίμακα Φαρενάιτ, το σημείο βρασμού του νερού είναι στους 212 F^0 και το σημείο παγοποίησης στους 32 F^0.*
- *Στην κλίμακα Κέλβιν, το σημείο βρασμού του νερού είναι στους 373 K και το σημείο παγοποίησης στους 273 K.*

Παρατηρούμε ότι ένας βαθμός κλίμακας Κέλβιν είναι ίσος με ένα βαθμό κλίμακας Κελσίου, και η θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου μετατρέπεται σε βαθμούς Κέλβιν, αν προσθέσουμε το 273 (Για την ακρίβεια 273.15). Επίσης, 1.8 βαθμοί της κλίμακας Φαρενάιτ αντιστοιχούν σε ένα βαθμό Κελσίου. Η μετατροπή από θερμοκρασία κλίμακας Φαρενάιτ (έστω θ_F) σε θερμοκρασία κλίμακας Κελσίου (θ_c) γίνεται με τη χρήση του τύπου:

$$\theta_c=5(\theta_F-32)/9$$

Αντίστοιχα:

$$\theta_F=9(\theta_C+32)/5$$

Από τους πίνακες Bodwitch μπορούμε να μετατρέψουμε άμεσα θερμοκρασίες κλίμακας Κελσίου σε θερμοκρασίες κλίμακας Farenheit ή Κέλβιν και αντίστροφα.

F°	C°	K°	C°	F°	K°	K°	F°	C°
-20.0	-28.9	244.3	-20.0	-04.0	253.2	250	-09.7	-23.2
-10.0	-23.3	249.8	-10.0	+14.0	263.2	260	+08.3	-13.2
+00.0	-17.8	255.4	+00.0	+32.0	273.2	270	+26.3	-03.2
+10.0	-12.2	260.9	+10.0	+50.0	283.2	280	+44.3	+06.8
+20.0	-06.7	266.5	+20.0	+68.0	293.2	290	+62.3	+16.8
+40.0	+04.4	277.6	+25.0	+77.0	298.2	300	+80.3	+26.8
+60.0	+15.6	288.7	+30.0	+86.0	303.2	305	+89.3	+31.8
+90.0	+32.2	305.4	+35.0	+95.0	308.2	310	+98.3	+36.8

Πίνακας 1: Μετατροπή Μονάδων Θερμοκρασίας (Από Πίνακες Bodwitch).

Όργανα μέτρησης θερμοκρασίας

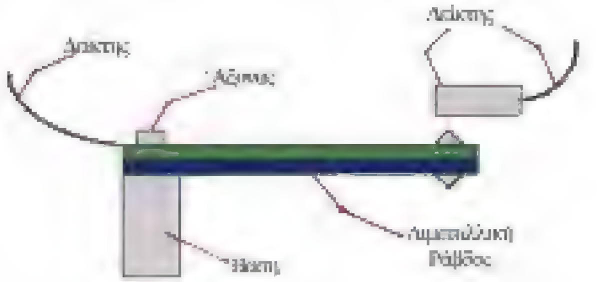
Τα όργανα μέτρησης θερμοκρασίας, δηλαδή τα θερμόμετρα, βασίζουν τη λειτουργία τους στη διαστολή κάποιου υλικού, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία και τη συστολή του, όταν αυτή μειώνεται[3]. Το πιο συνηθισμένο είδος είναι το θερμόμετρο υδράργυρου (Υδραργυρικό), το οποίο βασίζεται στη συστολή-διαστολή του υδράργυρου για τη μέτρηση της θερμοκρασίας. Αποτελείται από ένα μικρό, κλειστό δοχείο υδράργυρου και ένα λεπτό γυάλινο σωλήνα, όπου ανεβαίνει ο υδράργυρος, όταν διαστέλλεται εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας. Το σύστημα δοχείου-σωλήνα είναι κενό από αέρα, διαφορετικά η πίεση του αέρα θα επηρέαζε την άνοδο του υδράργυρου. Ο σωλήνας έχει υποδιαιρέσεις, όπου μπορεί να μετρηθεί το ύψος της στήλης υδράργυρου και η θερμοκρασία που αντιστοιχεί σε αυτό (βλ Εικόνα 5 όπου *απεικονίζεται θερμόμετρο (άμεσης ανάγνωσης)*.



Εικόνα 5: Αρχή λειτουργίας του Θερμόμετρου (από την Ιστοσελίδα B.Y.G Publishing Inc.)

[3] *όπως ήδη γνωρίζουμε από τή Φυσική*

Ένα μειονέκτημα των θερμομέτρων υδράργυρου είναι ότι προφανώς δεν μετρούν θερμοκρασίες κάτω από το σημείο που στερεοποιείται ο υδράργυρος (μείον 39 βαθμοί Κελσίου περίπου). Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται θερμόμετρο οινοπνεύματος, το οποίο και βασίζεται στην ίδια ακριβώς αρχή. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες οι ατμοί του υγρού γεμίζουν το κενό του σωλήνα.



Εικόνα 6: Αρχή λειτουργίας του Διμεταλλικού Θερμόμετρου

Άλλο είδος θερμόμετρου είναι το διμεταλλικό (Εικόνα 6). Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στο διαφορετικό συντελεστή διαστολής δύο μεταλλικών στοιχείων, από όπου και το όνομά του. Τα δύο μεταλλικά στοιχεία συγκολλώνται το ένα δίπλα στο άλλο, σχηματίζοντας μία ράβδο, με δείκτη στην άκρη της. Η διαφορετική διαστολή σε διαφορετική θερμοκρασία προκαλεί κάμψη της ράβδου και ο δείκτης δείχνει τη θερμοκρασία σε βαθμονομημένη κλίμακα. Συνήθως βαθμολογούνται σε σύγκριση με υδραργυρικό θερμόμετρο.

Στην περίπτωση που ο δείκτης θερμόμετρου συνδεθεί σε γραφίδα, η οποία εφάπτεται σε χαρτοταινία που κινείται από ωρολογιακό μηχανισμό έχουμε το θερμογράφο (Εικόνα 7). Στη χαρτοταινία του θερμογράφου παίρνουμε την ένδειξη της θερμοκρασίας για κάθε στιγμή ως διάγραμμα θερμοκρασίας-χρόνου.



Εικόνα 7: Θερμογράφος

Τα θερμόμετρα, στο πλοίο, πρέπει να τοποθετούνται σε κατάλληλο μετεωρολογικό κλωβό, όπου προστατεύονται από μηχανική καταπόνηση και την άμεση ηλιακή ακτινοβολία που μπορεί να δώσει υπερβολικές ενδείξεις. Επίσης πρέπει να προστατεύονται από πολύ ισχυρό άνεμο (Με ταχύτητα μεγαλύτερη από 15 κόμβους). Ο μετεωρολογικός κλωβός πρέπει να έχει περσίδες (γρίλιες) που να επιτρέπουν την ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα, αλλά όχι τον ισχυρό άνεμο, και να τοποθετείται σε, όσο γίνεται, ανοικτό χώρο. Αν δεν υπάρχει κλωβός, η μέτρηση θερμοκρασίας γίνεται σε ανοικτό χώρο, στη σκιά και στην προσήνεμη πλευρά του πλοίου.

Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας της θάλασσας γίνονται με διάφορους τρόπους. Πολλές φορές υπάρχουν ειδικά θερμόμετρα στις εισαγωγές του μηχανοστασίου. Άλλες πάλι φορές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάδος από οθόνη (καραβόπανο), για να πάρουμε δείγμα θαλασσινού νερού και να μετρήσουμε τη θερμοκρασία του. Και πάλι η μέτρηση θερμοκρασίας του δείγματος γίνεται στη σκιά και αφού ανακατέψουμε καλά το νερό.

Σχέση Θερμότητας-Θερμοκρασίας

Όταν σε ένα σώμα προσφέρεται θερμότητα, τρία πράγματα μπορούν να συμβούν:

- *Να αυξηθεί η θερμοκρασία του σώματος.*
- *Να μην αυξηθεί η θερμοκρασία του σώματος, αλλά να συμβεί αλλαγή κατάστασης (Τήξη ή Βρασμός).*
- *Ειδικά για τα αέρια, μπορεί να αυξηθεί ο όγκος (εκτόνωση) ή και η πίεση εκτός από τη θερμοκρασία. Στην περίπτωση που αυξάνεται ο όγκος, η θερμοκρασία του αερίου ανεβαίνει λιγότερο από ό,τι αν το αέριο είχε σταθερό όγκο διότι, στην περίπτωση αυτή, η εκτόνωση παράγει και μηχανικό έργο[4] που αφαιρείται από τη θερμότητα.*

Η ποσότητα της θερμότητας που χρειάζεται για να αυξηθεί κατά μια μονάδα η θερμοκρασία μιας μονάδας μάζας του σώματος λέγεται ειδική θερμότητα. Συνήθως μετριέται σε Cal/gr.C^0 (Θερμίδες ανά γραμμάριο και βαθμό). Μία άλλη χρήσιμη έννοια είναι η θερμοχωρητικότητα. Η ποσότητα της θερμότητας που χρειάζεται για να αυξηθεί κατά μία μονάδα η θερμοκρασία σώματος λέγεται θερμοχωρητικότητα του σώματος. Συνήθως μετριέται σε Cal/C^0 (Θερμίδες ανά βαθμό). Ισούται με το γινόμενο ειδικής θερμότητας επί μάζα σώματος. Ειδικά για τα αέρια, η ειδική θερμότητα σε σταθερό όγκο είναι διαφορετική και μικρότερη από την ειδική θερμότητα σε σταθερή πίεση.

Η ποσότητα της θερμότητας που χρειάζεται για να εξαερωθεί μία μονάδα μάζας σώματος λέγεται λανθάνουσα θερμότητα εξαέρωσης και τη μετράμε σε θερμίδες ανά γραμμάριο (Cal/gr). Σε κανονικές συνθήκες το νερό έχει λανθάνουσα θερμότητα εξαέρωσης 539 Cal/gr.

Η ποσότητα της θερμότητας που χρειάζεται για την τήξη μιας μονάδα μάζας σώματος λέγεται λανθάνουσα θερμότητα τήξης και τη μετράμε σε θερμίδες ανά γραμμάριο (Cal/gr). Ο πάγος έχει λανθάνουσα θερμότητα τήξης 79.71 Cal/gr.

Η λανθάνουσα θερμότητα είναι ιδιαίτερα σημαντική στη μετεωρολογία, διότι έχουμε πάρα πολλές περιπτώσεις αλλαγής κατάστασης, ειδικά του νερού στην ατμόσφαιρα. Αυτές οι αλλαγές κατάστασης συνδέονται άμεσα με τη μεταφορά θερμότητας.

Τρόποι Θέρμανσης του Ατμοσφαιρικού Αέρα

Η ατμόσφαιρα θερμαίνεται από τον ήλιο. Μάλιστα, θερμαίνεται περισσότερο έμμεσα, δηλαδή από την ακτινοβολία του εδάφους και από την επαφή με το έδαφος, και όχι τόσο από την άμεση ακτινοβολία του ήλιου (Εικόνα 8). Αυτό το τελευταίο συμβαίνει διότι η ατμόσφαιρα είναι διαφανής στην άμεση ακτινοβολία.

Οι ακτίνες του ήλιου είναι περισσότερο αποτελεσματικές, όταν πέφτουν κάθετα στην επιφάνεια της Γης και η αποτελεσματικότητά τους μειώνεται όσο η κλίση τους ξεφεύγει από την κατακόρυφο. Το έδαφος απορροφά τη θερμότητα, αλλά και την εκπέμπει πολύ γρηγορότερα από τη θάλασσα. Θα δούμε τις δύο περιπτώσεις ξεχωριστά:

Θέρμανση του αέρα πάνω απο την ξηρά

Το έδαφος θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία σε βάθος μερικών εκατοστών κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τη νύχτα, ένα μέρος από αυτή τη θερμότητα *ακτινοβολείται* προς την ατμόσφαιρα (για το έδαφος αυτό είναι η ψύξη με ακτινοβολία). Άλλο μέρος της μεταβιβάζεται με *αγωγή* στο στρώμα του ατμοσφαιρικού αέρα που βρίσκεται ακριβώς πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Στην περίπτωση αυτή, θερμαίνεται ένα

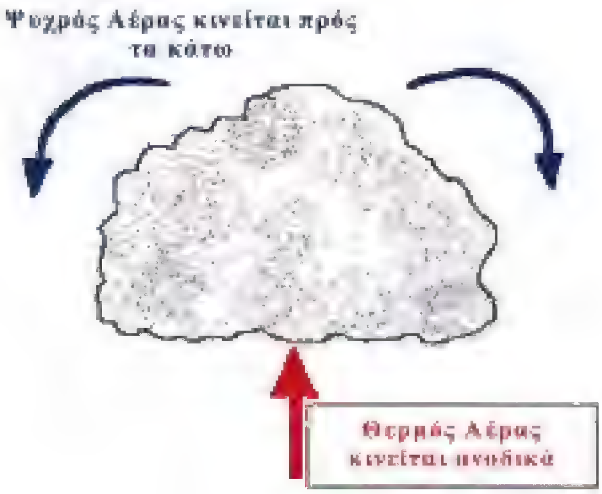
[4] *όπως ξέρουμε από τη Φυσική*

λεπτό στρώμα αέρα μόνον, εκτός αν δημιουργηθούν *ρεύματα μεταφοράς* και διαδώσουν τη θερμότητα προς τα ανώτερα στρώματα. Από τις παραπάνω διαδικασίες, η ακτινοβολία από το έδαφος προς την ατμόσφαιρα είναι η πιο σημαντική.

Τα αποτελέσματα της ακτινοβολίας του εδάφους είναι ιδιαίτερα έντονα, όταν τη νύχτα ο ουρανός είναι χωρίς σύννεφα (αίθριος), οπότε και η ψύξη με ακτινοβολία είναι πολύ γρήγορη. Τα σύννεφα επιβραδύνουν αυτή τη διαδικασία διότι ανακλούν πίσω, προς το έδαφος, την ακτινοβολία. Αντίστοιχα, κατά τη διάρκεια της ημέρας τα σύννεφα μετριάζουν τη θέρμανση του εδάφους από την ηλιακή ακτινοβολία.

Θέρμανση του αέρα πάνω απο την Θάλασσα

Η επιφάνεια της θάλασσας δεν αλλάζει σχεδόν καθόλου θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας. Αυτό οφείλεται στο ότι η θερμότητα κατανέμεται αρκετά σε βάθος, οπότε και η αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια είναι πολύ μικρή. Η σε βάθος κατανομή επιτυγχάνεται διότι, αντίθετα με την ξηρά, η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά τη θάλασσα σε αρκετό βάθος. Η κατανομή της θερμότητας σε βάθος ενισχύεται από την ανάμιξη, εξαιτίας των κυματισμών και των άλλων κινήσεων του θαλάσσιου νερού.



Εικόνα 8: Η θέρμανση του ατμοσφαιρικού αέρα πάνω από το έδαφος, το οποίο θερμαίνεται από τις ακτίνες του ήλιου. Διακρίνουμε τις κατακόρυφες κινήσεις του αέρα, εξαιτίας της θέρμανσης (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences University, of Illinois, Urbana-Champain).

Η θερμοκρασία του αέρα στη θαλάσσια επιφάνεια εμφανίζει αλλαγές, όταν υπάρχουν σημαντικά θαλάσσια ρεύματα (θερμά ή ψυχρά). Η παρουσία ή απουσία νεφών δεν παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο.

Αδιαβατική Θέρμανση-Ψύξη

Αναφέραμε σε προηγούμενη παράγραφο ότι στα αέρια, αν προσφέρουμε θερμότητα, μπορεί να αυξηθεί ο όγκος (εκτόνωση) ή και η πίεση εκτός από τη θερμοκρασία. Στην περίπτωση που αυξάνεται ο όγκος, η θερμοκρασία του αερίου ανεβαίνει λιγότερο από ότι αν το αέριο είχε σταθερό όγκο διότι, στην περίπτωση αυτή, η εκτόνωση παράγει και μηχανικό έργο.

Αυτός ο μηχανισμός μπορεί να λειτουργήσει και αντίστροφα. Δηλαδή αν εκτονώσουμε ή συμπιέσουμε ένα αέριο (π.χ. ένα τμήμα του ατμοσφαιρικού αέρα) χωρίς να προσφέρουμε ή να αφαιρέσουμε θερμότητα, τότε αυτό ψύχεται ή θερμαίνεται αντίστοιχα. Αυτές οι διαδικασίες λέγονται *αδιαβατική εκτόνωση* ή *αδιαβατική συμπίεση* αντίστοιχα[5].

Στην περίπτωση του ατμοσφαιρικού αέρα, όταν κάποια μάζα αέρα υποστεί μία συμπίεση ή εκτόνωση αρκετά γρήγορα, ώστε να μην υπάρχει χρόνος για σημαντική ανταλλαγή θερμότητας, θεωρούμε ότι υφίσταται αδιαβατική μεταβολή.

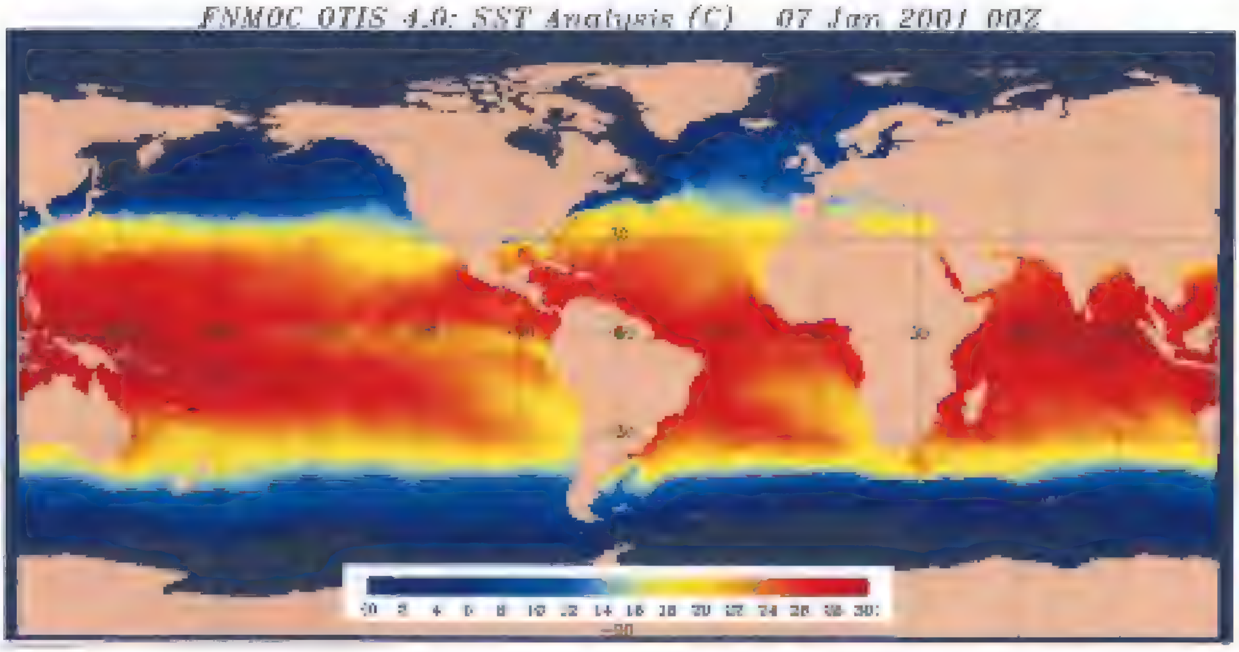
Μεταβολές Θερμοκρασίας του Αέρα

Ημερήσια μεταβολή

Η θερμοκρασία του αέρα πάνω από ξηρά συνήθως αρχίζει να αυξάνεται λίγο μετά από την ανατολή του ήλιου και φθάνει στο μέγιστο γύρω στις 14:00-15:00 τοπική ώρα. Ο μηχανισμός της μεταβολής είναι ο παρακάτω:

Είδαμε σε παραπάνω παράγραφο ότι όσο πιο κοντά στην κατακόρυφο βρίσκονται οι ακτίνες του ήλιου, τόσο πιο αποτελεσματική είναι η θέρμανση της επιφάνειας. Με το πρώτο φως αρχίζει η θέρμανση του εδάφους. Προς το μεσημέρι, όταν οι ακτίνες του ήλιου είναι κατακόρυφες, η θέρμανση είναι στο πιο έντονο σημείο της. Η άνοδος της θερμοκρασίας ακολουθεί με μικρή καθυστέρηση και φθάνει στο μέγιστο δύο ώρες περίπου, μετά το μεσημέρι. Μετά το μεσημέρι, η θέρμανση ελαττώνεται βαθμιαία, η θερμοκρασία μειώνεται και το έδαφος ψύχεται. Αυτή η ψύξη συνεχίζεται κατά τη διάρκεια της νύχτας και η θερμοκρασία φθάνει στο ελάχιστο, λίγα λεπτά μετά το πρώτο φως.

[5] *Όπου αδιαβατικές λέγονται οι μεταβολές που συμβαίνουν σε ένα σύστημα, χωρίς αυτό να ανταλλάσει θερμότητα με το περιβάλλον.*



Εικόνα 9: Θερμοκρασία Επιφάνειας Θάλασσας 7 Ιανουαρίου 2001. (Από την Ιστοσελίδα του Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Centre USA).

Η καθυστέρηση (2-3 ώρες) του μεγίστου οφείλεται στο χρόνο που απαιτείται για την ολοκλήρωση της διαδικασίας θέρμανσης του εδάφους, εκπομπής της γήινης ακτινοβολίας και, στη συνέχεια, θέρμανσης από αυτή των επιφανειακών στρωμάτων του αέρα.

Η διαφορά της μέγιστης από την ελάχιστη θερμοκρασία της ημέρας είναι το Ημερήσιο Θερμομετρικό Εύρος.

Ετήσιες μεταβολές

Στο Βόρειο Ημισφαίριο, οι μεγαλύτερες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες εμφανίζονται από τον Ιούλιο-Αύγουστο και οι μικρότερες περίπου Ιανουάριο-Φεβρουάριο. Το αντίθετο συμβαίνει στο Νότιο Ημισφαίριο.

Η διαφορά της μέσης θερμοκρασίας του θερμότερου μήνα από τη μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα του χρόνου είναι το ετήσιο θερμομετρικό εύρος.

Το ετήσιο και το ημερήσιο θερμομετρικό εύρος εξαρτώνται από το γεωγραφικό πλάτος, αλλά με διαφορετικό τρόπο. Όταν αυξάνεται το γεωγραφικό πλάτος, το ημερήσιο θερμομετρικό εύρος μειώνεται, ενώ το ετήσιο αυξάνεται. Για παράδειγμα, στον Ισημερινό, η μέση διαφορά θερμοκρασίας από το καλοκαίρι στο χειμώνα είναι ασήμαντη. Στους Πόλους, η διαφορά θερμοκρασίας από την Ανατολή του ήλιου ως το απόγευμα είναι ασήμαντη.

Μεταβολές Θερμοκρασίας των Ωκεανών και των Θαλασσών

Η θερμοκρασία επιφάνειας ωκεανών και θαλασσών έχει ιδιαίτερη σημασία στη Μετεωρολογία, διότι από αυτήν εξαρτάται η θερμοκρασία των υπερκείμενων αερίων μαζών. Όπως είδαμε και σε προηγούμενη παράγραφο ("**Θέρμανση του αέρα πάνω απο την Θάλασσα**") το ημερήσιο θερμομετρικό εύρος πάνω από τη θάλασσα είναι αμελητέο, ενώ το ετήσιο θερμομετρικό εύρος κυμαίνεται περί τους 2.5° C.

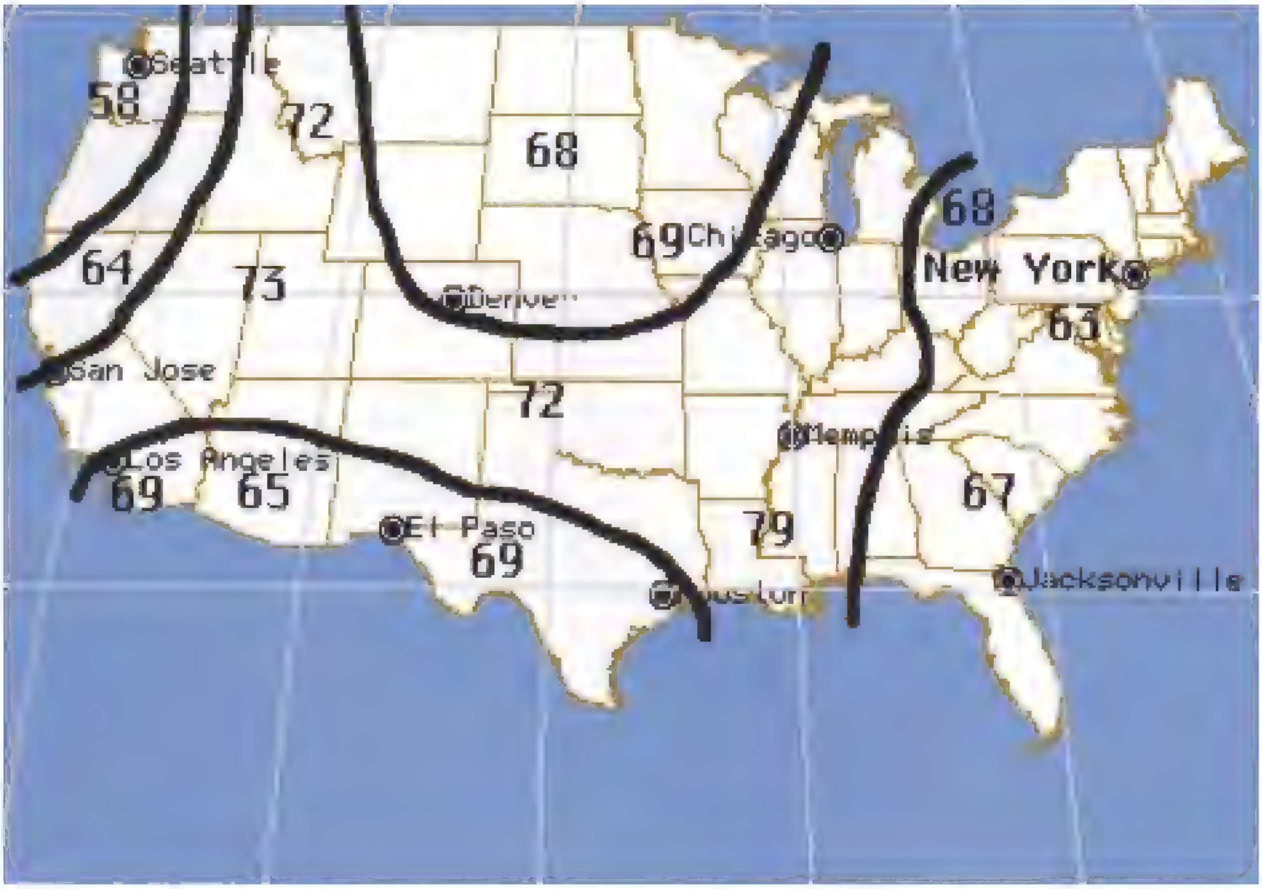
Γεωγραφικά, η θερμοκρασία των θαλασσών κυμαίνεται από 32° C στον Ισημερινό μέχρι -2C° περίπου στους Πόλους (Εικόνα 9).

Τοπική Θέρμανση

Η επιφάνεια της Γης είναι διαφορετική από τόπο σε τόπο και η θέρμανση από τον ήλιο διαφέρει αντίστοιχα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η θέρμανση της θάλασσας και της παραλίας. Βλέπουμε ότι υπάρχουν περιπτώσεις που ο αέρας θερμαίνεται με διαφορετικό τρόπο, ακόμη και σε γειτονικές περιοχές.

Ισόθερμες Καμπύλες

Η γεωγραφική κατανομή της θερμοκρασίας σε μικρή ή μεγάλη περιοχή απεικονίζεται με τις ισόθερμες καμπύλες. Οι καμπύλες αυτές συνδέουν, πάνω στο χάρτη, τους τόπους που έχουν την ίδια θερμοκρασία στην ίδια χρονική στιγμή ή περίοδο (Εικόνα 10). Οι ισόθερμες



Εικόνα 10: Παράδειγμα Ισόθερμων Καμπυλών (από την Ιστοσελίδα ATHENA-CURRICULUM-Weather). Απεικονίζεται η ΙΣΟΘΕΡΜΗ των 70 βαθμών (F).

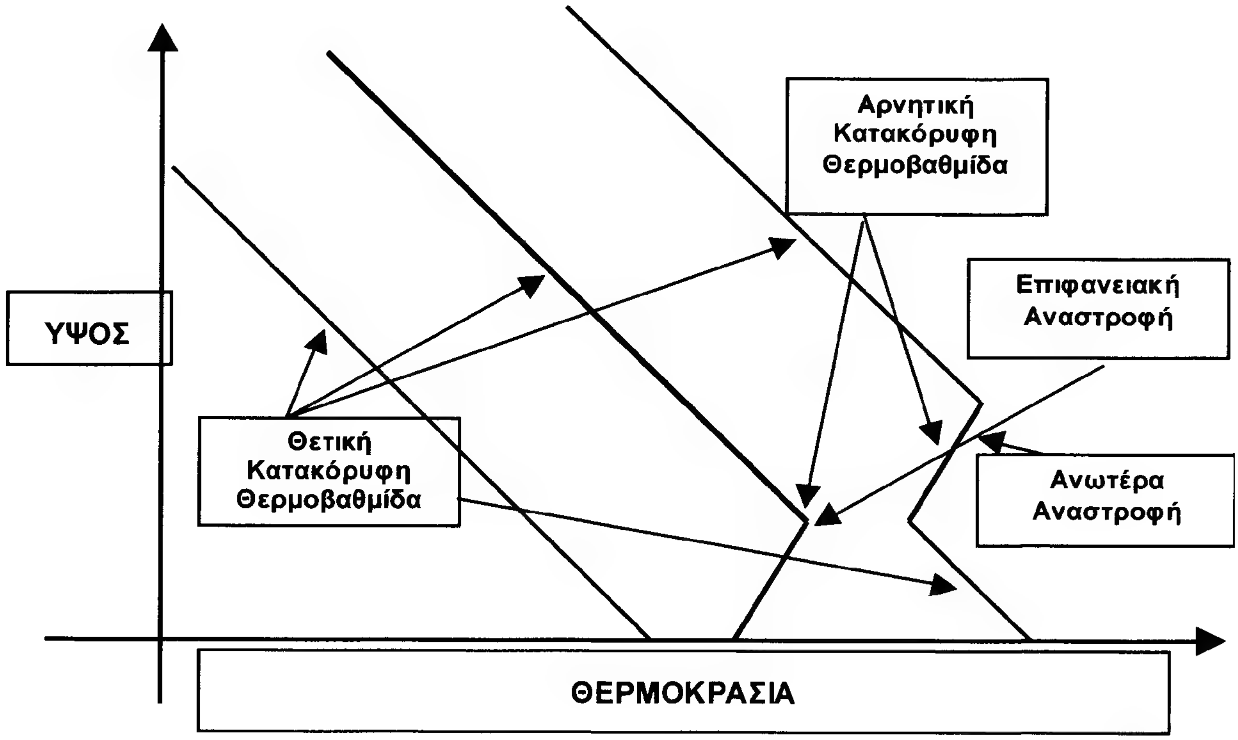
δεν τέμνονται, διότι αν συνέβαινε αυτό θα είχαμε στο σημείο τομής τόπο με δύο διαφορετικές θερμοκρασίες.

Κατακόρυφη Μεταβολή Θερμοκρασίας - Αναστροφές Θερμοκρασίας

Είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο ότι στην Τροπόσφαιρα η θερμοκρασία του αέρα ελαττώνεται με ρυθμό 0.65^0 C ανά 100 μέτρα, κατά μέσο όρο. Τη μεταβολή αυτή της θερμοκρασίας με το ύψος ονομάζουμε κατακόρυφη θερμοβαθμίδα.

Πολλές φορές, η κατακόρυφη θερμοβαθμίδα διαφέρει σημαντικά από τη μέση τιμή της ελάττωσης 0.65^0 C ανά 100 μέτρα. Τις αιτίες θα τις εξετάσουμε σε επόμενα κεφάλαια. Όταν η θερμοκρασία ελαττώνεται με το ύψος, έχουμε θετική κατακόρυφη θερμοβαθμίδα. Όταν αυξάνεται, έχουμε αρνητική κατακόρυφη θερμοβαθμίδα. Στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, η θερμοβαθμίδα είναι συνήθως θετική. Όταν εμφανιστεί αρνητική θερμοβαθμίδα στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας έχουμε θερμοκρασιακή αναστροφή. Δηλαδή, Θερμοκρασιακή Αναστροφή είναι το φαινόμενο κατά *το οποίο η θερμοκρασία αυξάνεται με το ύψος αντί να ελαττώνεται.* Η αναστροφή διακρίνεται σε *Επιφανειακή*, όταν εμφανίζεται σε μηδενικό ύψος και *Ανωτέρα* στην αντίθετη περίπτωση. (Εικόνα 11).

Ένα ακόμη χρήσιμο μέγεθος είναι *η κατακόρυφη αδιαβατική θερμοβαθμίδα*. Ορίζεται ως η μεταβολή θερμοκρασίας μιας μάζας αέρα, καθώς ανεβαίνει στην ατμόσφαιρα. Επειδή η πίεση μειώνεται με το ύψος μία ανερχομένη μάζα υφίσταται εκτόνωση και, κατά συνέπεια, ψύχεται. Η τιμή της κατακόρυφης αδιαβατικής θερμοβαθμίδας εξαρτάται από την περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς και κυμαίνεται από 10^0-6^0, ανά 1000 μέτρα. Θα την ξαναδούμε σε επόμενα κεφάλαια, και ειδικά στη δημιουργία των νεφών.



Εικόνα 11: Μεταβολή της Θερμοκρασίας του αέρα με το ύψος στην περίπτωση Θετικής Κατακόρυφης Θερμοβαθμίδας, και στην περίπτωση θερμοκρασιακής αναστροφής (Επιφανειακής και Ανωτέρας). Στη δεύτερη περίπτωση, παρατηρούμε ότι ενώ η θερμοβαθμίδα είναι θετική, σε κάποιο στρώμα αναστρέφεται και γίνεται αρνητική για κάποιο ύψος. Θα δούμε παρακάτω ότι αυτό μπορεί να οφείλεται σε γρήγορη ψύξη του εδάφους μαζί με μικρό στρώμα αέρα. Στην τρίτη περίπτωση, η αναστροφή εμφανίζεται υψηλότερα από το έδαφος και μπορεί να οφείλεται σε θερμό στρώμα αέρα που μεταφέρεται και εναποτίθεται πάνω από το ψυχρότερο.

Περίληψη

- Η ενέργεια που χρειάζεται για να εκδηλωθούν τα μετεωρολογικά φαινόμενα προέρχεται από τον ήλιο. Περνώντας οι ηλιακές ακτίνες από την ατμόσφαιρα, ή φθάνουν στο έδαφος για να το θερμάνουν, ή διαχέονται, ή απορροφώνται από την ατμόσφαιρα, ή τέλος ανακλώνται πίσω στο διάστημα.

- Το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που διαπερνά την ατμόσφαιρα της Γης και καταλήγει στο έδαφος ως δέσμη παράλληλων ακτίνων (ή απευθείας ή μετά από διάθλαση) είναι η Άμεση Ηλιακή Ακτινοβολία.

- Το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που διαχέεται στην ατμόσφαιρα και φθάνει τελικά στο έδαφος ως ακτινοβολία από όλα τα σημεία του ουρανού είναι η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία

- Η ολική ηλιακή ακτινοβολία είναι ίση με το άθροισμα της άμεσης συν τη διάχυτη.

- Το έδαφος, όταν θερμανθεί, εκπέμπει τη γήινη ακτινοβολία προς την ατμόσφαιρα.

- Η ατμόσφαιρα εκπέμπει την ακτινοβολία της ατμόσφαιρας προς όλες τις διευθύνσεις σε υπέρυθρα μήκη κύματος.

- Μέρος της ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της Γης ανακλάται και αποτελεί την ανακλώμενη ακτινοβολία

- Η ηλιακή σταθερά είναι η ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που δέχεται η μονάδα επιφάνειας, σε ένα λεπτό, τοποθετημένη κάθετα στις Ηλιακές ακτίνες, στα όρια της ατμόσφαιρας, στη μέση απόσταση Γης-ήλιου. Η ηλιακή σταθερά είναι 2.0 $Cal/cm^2.min$. (Θερμίδες ανά τετραγωνικό εκατοστό και ανά πρώτο λεπτό).

- Το φαινόμενο του θερμοκηπίου εμφανίζεται, όταν στην ατμόσφαιρα μπορεί να εισέλθει η ορατή ακτι-

νοβολία από τον ήλιο, ενώ εμποδίζεται να εξέλθει η υπέρυθρη ακτινοβολία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη θέρμανσή της. Στα θερμοκήπια, το γυάλινο περίβλημά τους κάνει αυτό ακριβώς. Στην ατμόσφαιρα της Γης, αντι για το γυάλινο περίβλημα, έχουμε τους υδρατμούς και το διοξείδιο του άνθρακα που επιτρέπουν στην ορατή ακτινοβολία του ήλιου την είσοδο, αλλά απορροφούν την υπέρυθρη ακτινοβολία του εδάφους και της ατμόσφαιρας.

- Η θερμότητα είναι μία μορφή ενέργειας που αποθηκεύεται σε ένα σώμα (Στερεό, υγρό, αέριο) με μορφή ταλαντώσεων ή και κινήσεων των σωματιδίων που το αποτελούν. Η θερμότητα μετριέται σε θερμίδες (Cal), όπου 1 Cal ισούται με 4.184 Joule. Αντίστοιχα 1 Joule με 0.2389 Cal.

- Η θερμοκρασία μετρά τη μέση ενέργεια των ατόμων ή μορίων εξαιτίας αυτών των θερμικών κινήσεων. Η θερμοκρασία μετριέται με τα θερμόμετρα. Οι συνηθέστερες κλίμακες είναι οι κλίμακες Κελσίου (C^0), Κέλβιν (K) και Φαρενάιτ (F^0).

- Η θερμότητα μεταφέρεται ή και ανταλλάσσεται με αγωγή, ρεύματα μεταφοράς και ακτινοβολία. Η θερμότητα ρέει πάντοτε από τις υψηλές προς τις χαμηλές θερμοκρασίες.

- Τα θερμόμετρα βασίζουν τη λειτουργία τους στη διαστολή κάποιου υλικού, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία και τη συστολή του, όταν αυτή μειώνεται. Το πιο συνηθισμένο είδος είναι το θερμόμετρο υδράργυρου (Υδραργυρικό), το οποίο βασίζεται στη συστολή-διαστολή του υδράργυρου για τη μέτρηση της θερμοκρασίας. Τα διμεταλλικά θερμόμετρα μετρούν τη θερμοκρασία από την παραμόρφωση ράβδου που είναι κατασκευασμένη από δύο μεταλλικά ελάσματα, με διαφορετικό συντελεστή διαστολής.

- Όταν σε ένα σώμα προσφέρεται θερμότητα, ή θα αυξηθεί η Θερμοκρασία του, ή δεν θα αυξηθεί, αλλά θα συμβεί αλλαγή κατάστασης (Τήξη ή Βρασμός). Στη δεύτερη περίπτωση, επειδή δεν αυξάνεται η θερμοκρασία, η θερμότητα λέγεται λανθάνουσα. Ειδικά για τα αέρια, μπορεί να αυξηθεί ο όγκος (εκτόνωση) ή και η πίεση, εκτός από τη θερμοκρασία. Στην περίπτωση που αυξάνεται ο όγκος, η θερμοκρασία του αερίου ανεβαίνει λιγότερο από ότι αν το αέριο είχε σταθερό όγκο διότι, στην περίπτωση αυτή, η εκτόνωση παράγει και μηχανικό έργο, όπως ξέρουμε από τη Φυσική

- Η ποσότητα της θερμότητας που χρειάζεται για να αυξηθεί κατά μία μονάδα η θερμοκρασία μιας μονάδας μάζας του σώματος λέγεται ειδική θερμότητα. Συνήθως μετριέται σε Cal/gr.C^0 (Θερμίδες ανά γραμμάριο και βαθμό). Ειδικά για τα αέρια, η ειδική θερμότητα σε σταθερό όγκο είναι διαφορετική και μικρότερη από την ειδική θερμότητα σε σταθερή πίεση.

- Αντίστοιχα, η ποσότητα της θερμότητας που χρειάζεται για να αυξηθεί κατά μία μονάδα η θερμοκρασία σώματος λέγεται θερμοχωρητικότητα. Συνήθως μετριέται σε Cal/C^0 (θερμίδες ανά βαθμό).

- Η ποσότητα της θερμότητας που χρειάζεται για να εξαερωθεί μία μονάδα μάζας σώματος λέγεται λανθάνουσα θερμότητα εξαέρωσης και τη μετράμε σε θερμίδες ανά γραμμάριο (Cal/gr). Αντίστοιχα η ποσότητα της θερμότητας που χρειάζεται για την τήξη μιας μονάδας μάζας σώματος λέγεται λανθάνουσα θερμότητα τήξης και μετριέται σε ίδιες μονάδες.

- Γνωρίζουμε από τη Φυσική ότι η αδιαβατική (δηλαδή χωρίς ανταλλαγή θερμότητας) εκτόνωση αερίου έχει ως αποτέλεσμα την ψύξη του, η αδιαβατική συμπίεση τη θέρμανσή του αντίστοιχα.

- Η ατμόσφαιρα θερμαίνεται από τον ήλιο έμμεσα, δηλαδή από την ακτινοβολία εδάφους και από την επαφή με το έδαφος κυρίως. Από τη διαδικασία αυτή ψύχεται, όπως είναι φυσικό, το έδαφος (ψύξη με ακτινοβολία). Η ακτινοβολία εδάφους είναι η πιο σημαντική διαδικασία. Ένα λεπτό στρώμα αέρα κοντά στην επιφάνεια θερμαίνεται από την επαφή (αγωγή Θερμότητας).

- Ημερήσια μεταβολή θερμοκρασίας: Η θερμοκρασία του αέρα πάνω από ξηρά, συνήθως αρχίζει να αυξάνεται λίγο μετά το πρώτο φως (οπότε αρχίζει να δέχεται την ακτινοβολία του) και φθάνει στο μέγιστο γύρω τις 14:00-15:00 (δύο έως τρεις ώρες μετά το μεσημέρι) τοπική ώρα.

- Η διαφορά της μέγιστης από την ελάχιστη θερμοκρασία της ημέρας είναι το ημερήσιο θερμομετρικό εύρος.

- Η διαφορά της μέσης θερμοκρασίας του θερμότερου μήνα από τη μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα του χρόνου είναι το ετήσιο θερμομετρικό εύρος.

- Όταν αυξάνεται το γεωγραφικό πλάτος, το ημερήσιο θερμομετρικό εύρος μειώνεται, ενώ το ετήσιο αυξάνεται.

- Η επιφάνεια της θάλασσας, αντίθετα με την ξηρά, δεν εμφανίζει έντονες μεταβολές θερμοκρασίας εξαιτίας της θέρμανσης του ήλιου. Το ημερήσιο θερμομετρικό εύρος πάνω από τη θάλασσα είναι αμελητέο, ενώ το ετήσιο θερμομετρικό εύρος κυμαίνεται περί τους 2.5^0 C.
- Αντίθετα, μεταβολές θερμοκρασίας εμφανίζονται στους ωκεανούς εξαιτίας των ρευμάτων). Γεωγραφικά, η θερμοκρασία των θαλασσών κυμαίνεται από 32^0 C στον Ισημερινό μέχρι -2^0 C περίπου στους Πόλους.
- Οι ισόθερμες καμπύλες συνδέουν πάνω στο χάρτη τους τόπους που έχουν την ίδια θερμοκρασία στην ίδια χρονική στιγμή ή περίοδο. Οι ισόθερμες δεν τέμνονται, διότι αν συνέβαινε αυτό, θα είχαμε στο σημείο τομής τόπο με δύο διαφορετικές θερμοκρασίες.
- Η μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος ονομάζεται κατακόρυφη θερμοβαθμίδα. Όταν η θερμοκρασία ελαττώνεται με το ύψος, έχουμε θετική κατακόρυφη θερμοβαθμίδα. Όταν αυξάνεται, έχουμε αρνητική κατακόρυφη θερμοβαθμίδα. Όταν εμφανιστεί αρνητική θερμοβαθμίδα, στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, έχουμε θερμοκρασιακή αναστροφή. Η αναστροφή διακρίνεται σε *Επιφανειακή*, όταν εμφανίζεται σε μηδενικό ύψος και *Ανωτέρα* στην αντίθετη περίπτωση.
- Η *κατακόρυφη αδιαβατική θερμοβαθμίδα* ορίζεται ως η μεταβολή θερμοκρασίας μιας μάζας αέρα, καθώς ανεβαίνει στην ατμόσφαιρα. Επειδή η πίεση μειώνεται με το ύψος, μία ανερχομένη μάζα υφίσταται εκτόνωση και κατά συνέπεια ψύχεται. Η τιμή της κατακόρυφης αδιαβατικής θερμοβαθμίδας εξαρτάται από την περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς και κυμαίνεται από 10^0-6^0ανά 1000 μέτρα.

Ερωτήσεις Επανάληψης

- Μπορείτε να αναφέρετε και να περιγράψετε, με συντομία, ποια είδη ακτινοβολίας αποτελούν την ολική ηλιακή ακτινοβολία;
- Μία ημέρα με νεφοσκεπή ουρανό, ποιο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας φθάνει στο έδαφος, η άμεση ή η διάχυτη;
- Εκτός από την ολική ηλιακή ακτινοβολία, ποια άλλα είδη υπάρχουν στην ατμόσφαιρα;
- Υπάρχει ανακλώμενη ακτινοβολία, άξια λόγου, όταν δεν υπάρχουν σύννεφα;
- Μπορείτε να διατυπώσετε τον ορισμό της Ηλιακής σταθεράς;
- Τη νύχτα, όταν το έδαφος ψύχεται, αποδίδοντας στην ακτινοβολία εδάφους την ενέργεια που συγκέντρωσε την ημέρα, έχουμε εντονότερη ψύξη όταν υπάρχουν σύννεφα ή όταν ο ουρανός είναι καθαρός; (Η απάντηση της προηγούμενης ερώτησης θα βοηθήσει).
- Τι είναι θερμότητα; Τι θερμοκρασία; Μπορείτε να εξηγήσετε περιληπτικά τη διαφορά της θερμοκρασίας από τη θερμότητα;
- Ποιοι είναι οι τρόποι μετάδοσης-ανταλλαγής θερμότητας;
- Μπορείτε να περιγράψετε, με συντομία, σε ποια αρχή στηρίζεται το υδραργυρικό και το διμεταλλικό θερμόμετρο; Τι είναι θερμογράφος;
- Σε τι μονάδες μετράμε τη θερμότητα; Ποια η αντιστοιχία τους με μονάδες ενέργειας;
- Πώς ορίζουμε την ειδική θερμότητα και σε τι μονάδες μετριέται; Γνωρίζοντας ότι η ειδική θερμότητα του νερού είναι 1 Cal/gr.C°, δώστε ένα παράδειγμα.
- Γράψαμε για τους τρόπους θέρμανσης της ατμόσφαιρας "Η ατμόσφαιρα θερμαίνεται από τον ήλιο. Μάλιστα, θερμαίνεται περισσότερο έμμεσα, δηλαδή από την ακτινοβολία εδάφους και από την επαφή με το έδαφος". Ανατρέξτε στην παράγραφο για τη διάδοση-ανταλλαγή θερμότητας και εξηγείστε ποιοι από τους τρεις μηχανισμούς, που είδαμε, έχουν εφαρμογή στη μεταφορά θερμότητας από το

έδαφος στην ατμόσφαιρα. Εξηγείστε, γράφοντας 1-2 παραγράφους.

- Γράψαμε στο κεφάλαιο για τους τρόπους θέρμανσης της ατμόσφαιρας "Το έδαφος θερμαίνεται από την Ηλιακή Ακτινοβολία σε βάθος μερικών εκατοστών, κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τη νύχτα, η θερμότητα ακτινοβολείται προς την ατμόσφαιρα." σε ποιο είδος ακτινοβολίας αναφερόμαστε σε κάθε περίπτωση;
- Μπορείτε να περιγράψετε, με συντομία, γιατί η επιφάνεια της θάλασσας δεν εμφανίζει τις έντονες μεταβολές θερμοκρασίας που εμφανίζει η ξηρά μέσα σε κάθε εικοσιτετράωρο;
- Μπορείτε να περιγράψετε και να εξηγησετε περιληπτικά το μηχανισμό ημερήσιας μεταβολής της θερμοκρασίας;
- Τι είναι ετήσιο και τι ημερήσιο θερμομετρικό εύρος;
- Τι ονομάζουμε κατακόρυφη θερμοβαθμίδα; Η μέση μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος στην τροπόσφαιρα αποτελεί θετική ή αρνητική θερμοβαθμίδα; Εξηγείστε.
- Τι ονομάζουμε θερμοκρασιακή αναστροφή και ποια είναι τα είδη της; (Εξηγείστε, χρησιμοποιώντας και διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασίας με το ύψος)
- Μπορείτε να περιγράψετε τι είναι οι ισόθερμες καμπύλες και πώς χαράσσονται;

Ασκήσεις-Εργασίες

- Πόσες θερμίδες δέχεται μία επιφάνεια 10 cm^2, κάθετη στις ηλιακές ακτίνες, σε χρόνο 10 λεπτών, αν υποθέσουμε ότι βρίσκεται στα όρια της ατμόσφαιρας;
- Πόσες θερμίδες δέχεται μία επιφάνεια 10 cm^2, σε γωνία 45 μοιρών, σε σχέση με τις ηλιακές ακτίνες, σε χρόνο 10 λεπτών, αν υποθέσουμε ότι βρίσκεται στα όρια της ατμόσφαιρας;
- Είδαμε στο κείμενο ότι, αν σε ένα σώμα δίνουμε ισχύ ένα Watt, η θερμότητα του αυξάνεται με ρυθμό 0.2389 Cal/sec. Δείξατε αναλυτικά, πώς καταλήξαμε σε αυτή τη σχέση (1 Joule/sec = 1Watt);
- Σε τι αντιστοιχεί, σε βαθμούς Κελσίου και Κέλβιν, θερμοκρασία -20 F^0;
- Σε τι αντιστοιχεί, σε βαθμούς Κελσίου και Κέλβιν, θερμοκρασία +20 F^0;
- Να χρησιμοποιήσετε τον τύπο που μετατρέπει θερμοκρασία Φαρενάιτ σε θερμοκρασία Κελσίου, και να διατυπώσετε σχέσεις που (1) μετατρέπουν θερμοκρασία Φαρενάιτ σε θερμοκρασία Κέλβιν (2) θερμοκρασία Κελσίου σε θερμοκρασία Φαρενάιτ (3) θερμοκρασία Κέλβιν σε θερμοκρασία Φαρενάιτ.
- Ποια είναι η μικρότερη θερμοκρασία, σε βαθμούς Farenheit και Kelvin, που μπορεί να μετρήσει κανείς με υδραργυρικό θερμόμετρο; Τι συμβαίνει για μικρότερες θερμοκρασίες; Εξηγείστε.

Ατμοσφαιρική Πίεση

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθουμε:

ΝΕΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ	ΟΡΟΛΟΓΙΑ
Τι προκαλεί την Ατμοσφαιρική Πίεση, Ορισμός και μονάδες	*Ύψος στήλης Υδράργυρου (Inches or mm of Mercury), Χιλιοστόβαρο (milibar), Εκτοπασκάλ (HPa) Ατμοσφαιρική Πίεση (Atmospheric or Barometric Pressure), Αναγωγή στην Επιφάνεια της Θάλασσας (Correction of Barometric Reading for Height Above Sea Level), Ημερήσιο Εύρος Πίεσης (Diurnal Range of the Barometer), Ετήσιο Εύρος Πίεσης*
Πώς μετριέται η ατμοσφαιρική πίεση και πώς απεικονίζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων από πολλούς μετεωρολογικούς σταθμούς	*Ισοβαρείς (Isobars), Ισαλοβαρείς Βαρομετρική Τάση Οριζόντια Βαροβαθμίδα (pressure gradient), Βαρομετρικά Συστήματα (Υψηλό (High)-Χαμηλό (Low))΄Υφεση (Depression), Δευτερεύουσα (Secondary) Ύφεση , Αυλώνας Υφέσεως (Trough), Αντικυκλώνας (anticyclone), Σφήνας Εξάρσεως (Ridge), Βαρομετρικός Αυχένας (Col)*
Τα όργανα μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης	*Βαρόμετρο Υδράργυρου (Mercurial Barometer ή Υδραργυρικό Βαρόμετρο), Αναγωγή Βαρομετρικής Ενδειξης σε Θερμοκρασία 0° C (Correction of Barometric Reading for Temperature), Βαρόμετρο κενού ή μεταλλικό Βαρόμετρο ή Ανεροειδές Βαρόμετρο (Aneroid Barometer), Συστηματικό ή εργαλειακό σφάλμα, (Instrument Error) Βαρογράφος (Barograph)*

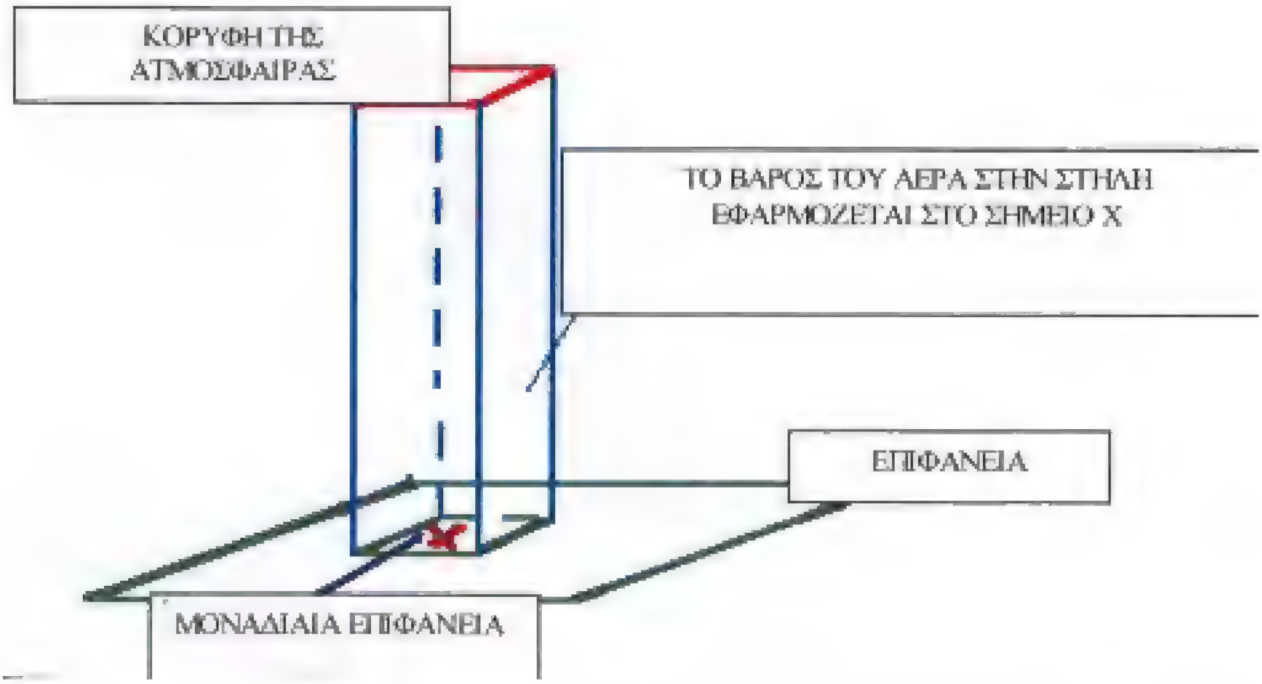
Η ατμοσφαιρική πίεση είναι ένα από τα πιο σημαντικά μετεωρολογικά στοιχεία, γιατί οι καιρικές καταστάσεις και οι μεταβολές τους συνδέονται πολύ στενά με την πίεση. Οι γνώσεις που θα αποκτήσουμε σε αυτό το κεφάλαιο, θα μας δώσουν τη δυνατότητα να καταλάβουμε τα κεφάλαια περί ανέμων και γενικής κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας, που ακολουθούν και βασίζονται στην κατανομή της ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια της Γης.

Ορισμός-Μονάδες Ατμοσφαιρικής Πίεσης

Ας θεωρήσουμε μία στήλη ατμοσφαιρικού αέρα, με εμβαδόν βάσης ίσο με ένα τετραγωνικό εκατοστό, και ύψος να φθάνει στα όρια της ατμόσφαιρας. Το βάρος της στήλης αυτής είναι η ατμοσφαιρική πίεση (Εικόνα 12).

Στην επιφάνεια της Γης το βάρος αυτό είναι περίπου ένα κιλό βάρους (Kp) ή ένα εκατομμύριο {1000000} δύνες (dynes[6]) ανά τετραγωνικό εκατοστό. Στη Μετε-

[6] *Από τη Φυσική, ας θυμηθούμε ότι 105 dynes=1 Nt = 0.1 Kp (περίπου)*



Εικόνα 12: Επεξήγηση της αρχής της ατμοσφαιρικής πίεσης (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University, of Illinois, Urbana-Champain)

ωρολογία χίλιες δύνες ανά τετραγωνικό εκατοστό αντιστοιχούν σε ένα Χιλιοστόβαρο (milibar). Άρα, στην επιφάνεια της Γης η ατμοσφαιρική πίεση είναι περίπου 1000 milibars.

Μία άλλη μονάδα μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι το χιλιοστό στήλης υδράργυρου, δηλαδή η πίεση στήλης υδράργυρου σε θερμοκρασία μηδέν βαθμών Κελσίου, και ύψος ενός χιλιοστού. Ένα χιλιοστό υδράργυρου ισούται με 4/3 milibars.

Πρόσφατα, με απόφαση του Διεθνούς Μετεωρολογικού Οργανισμού (World Meteorological Organization, ή WMO) καθιερώθηκε ως μονάδα μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης το Εκτοπασκάλ (HPa), το οποίο ισούται με ένα χιλιοστόβαρο.

Δεδομένου ότι η ατμοσφαιρική πίεση είναι το βάρος στήλης αέρα, από το σημείο μέτρησης μέχρι τα έξω όρια της ατμόσφαιρας, είναι φανερό ότι η πίεση ελαττώνεται με το ύψος. Είδαμε στο κεφάλαιο για την ατμόσφαιρα της Γης, ότι το 75% της ατμόσφαιρας βρίσκεται σε ένα λεπτό στρώμα 12χλμ. πάνω από την επιφάνειά της. Αυτό μας δίνει μία ένδειξη του πόσο γρήγορα πέφτει η ατμοσφαιρική πίεση με το ύψος. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι σε ύψος 120 ποδών (περίπου 40 μέτρων) η πίεση είναι κατά περίπου 0.15 ίντσες (3.8 mm) υδράργυρου μικρότερη από ότι στην επιφάνεια (πτώση πίεσης κατά, περίπου, 5,1 milibar). Η διαφορά εξαιτίας του υψόμετρου μειώνεται λίγο, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία, δεδομένου ότι ο αέρας είναι αραιότερος στην περίπτωση αυτή. Εξαιτίας της μεταβολής της πίεσης με το ύψος, είναι ανάγκη οι παρατηρήσεις των μετεωρολογικών σταθμών[7] να διορθώνονται κατάλληλα, ώστε η μέτρησή τους να αντιστοιχεί σε μηδενικό ύψος. Αυτό λέγεται "*αναγωγή στην επιφάνεια της θάλασσας*". Σε περίπτωση που στο πλοίο ο μετεωρολογικός κλωβός βρίσκεται ψηλά, υπάρχουν τυποποιημένοι πίνακες αναγωγής της πίεσης. Αυτή η διόρθωση γίνεται για να αντιλαμβανόμαστε τις μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης, χωρίς την επίδραση του ύψους, όπου γίνεται η μέτρησή της.

Περιοδικές Μεταβολές της Ατμοσφαιρικής Πίεσης

Η πίεση ενός τόπου παρουσιάζει τυχαίες και περιοδικές μεταβολές. Οι τυχαίες μεταβολές είναι ιδιαίτερα σημαντικές στη *μετεωρολογική πρόγνωση του καιρού*, διότι σχετίζονται με τις ατμοσφαιρικές διεργασίες που προκαλούν τα καιρικά φαινόμενα. Οι περιοδικές μεταβολές είναι συνήθως μικρού εύρους. Από αυτές οι πιο σημαντικές είναι η ημερήσια και η ετήσια.

[7] *Οι οποίοι σταθμοί δεν βρίσκονται όλοι στο ίδιο υψόμετρο.*

Η ημερήσια μεταβολή της πίεσης χαρακτηρίζεται από μικρό σχετικά εύρος, δηλαδή διαφορά μέγιστης - ελάχιστης πίεσης. Στον Ισημερινό, το ημερήσιο εύρος είναι 3-4 milibars, ενώ σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη ελαττώνεται σε δέκατα του mb. Εμφανίζει *δύο μέγιστα* στις 9-10 το πρωί και 21-22 το βράδυ και *δύο ελάχιστα* στις 3-4 το πρωί και 15-16 το απόγευμα (Τοπική ώρα). Θεωρείται ότι η ημερήσια μεταβολή της πίεσης ακολουθεί την ημερήσια μεταβολή της θέρμανσης της ατμόσφαιρας.

Η ετήσια μεταβολή της πίεσης εξαρτάται από τις γεωγραφικές και φυσικές συνθήκες. Το ετήσιο εύρος είναι μικρό στον Ισημερινό και αυξάνεται με το γεωγραφικό πλάτος. Πάνω από τις ηπείρους, το μέγιστο της ετήσιας μεταβολής παρατηρείται το χειμώνα και το ελάχιστο το καλοκαίρι, ενώ πάνω από τους ωκεανούς το μέγιστο παρατηρείται το καλοκαίρι και το ελάχιστο το χειμώνα.

Γεωγραφικές Μεταβολές της Ατμοσφαιρικής Πίεσης - Ισοβαρείς και Ισαλοβαρείς Καμπύλες

Χάραξη Ισοβαρών-Ισαλοβαρών

Η ατμοσφαιρική πίεση μεταβάλλεται από τόπο σε τόπο, εξαιτίας των γενικών κινήσεων της ατμόσφαιρας (όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο), της ανομοιόμορφης θέρμανσης διαφορετικών περιοχών της επιφάνειας και άλλων παραγόντων. Γενικά, η κατανομή της ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια είναι αρκετά περίπλοκη και η παρακολούθησή της απαιτεί μεγάλο αριθμό μετεωρολογικών σταθμών παρατήρησης.

Για να απεικονίσουμε την κατανομή αυτή σε δεδομένο χρόνο, χρειαζόμαστε τις μετρήσεις πολλών μετεωρολογικών σταθμών τις οποίες, μετά από αναγωγή στην επιφάνεια της θάλασσας, τοποθετούμε πάνω στο χάρτη (κάθε τιμή στη θέση που παρατηρήθηκε). Στη συνέχεια, χαράζουμε καμπύλες που καθεμιά τους ενώνει και μία οικογένεια ίσων τιμών. Αυτές οι καμπύλες ονομάζονται Ισοβαρείς και κατά μήκος καθεμιάς από αυτές η ατμοσφαιρική πίεση έχει σταθερή και σαφώς καθορισμένη τιμή (Εικόνα 13). Προφανώς, λοιπόν, οι ισοβαρείς δεν τέμνονται. Το αντίθετο θα σήμαινε ότι κάποιο γεωγραφικό σημείο στην τομή δύο ισοβαρών έχει δύο διαφορετικές τιμές πίεσης την ίδια στιγμή, πράγμα που είναι αδύνατο.

Οι ισοβαρείς, λοιπόν, αντιπροσωπεύουν έναν τρόπο αναπαράστασης της γεωγραφικής κατανομής των τιμών της ατμοσφαιρικής πίεσης[8] και είναι από τα σημαντικότερα στοιχεία των χαρτών καιρού. Αναφέρουμε εδώ (θα επεκταθούμε σε λεπτομέρειες σε επόμενο κεφάλαιο) ότι είναι οι διαφορές πίεσης στην ατμόσφαιρα που δημιουργούν τους ανέμους. Οι ισοβαρείς, λοιπόν, είναι από τις πιο βασικές πληροφορίες πρόβλεψης.



Εικόνα 13: Παράδειγμα Ισοβαρών (από την Ιστοσελίδα ATHENA-CURRICULUM-Weather).

Οριζόντια Βαροβαθμίδα

Όπως είδαμε στην προηγουμένη παράγραφο, οι μεταβολές της πίεσης από τόπο σε τόπο παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στους υπολογισμούς των κινήσεων των αερίων μαζών. Το *μέγεθος που μετρά τη γεωγραφική μεταβολή της βαρομετρικής πίεσης* ονομάζεται *οριζόντια βαροβαθμίδα* και ορίζεται *ως η ελάττωση της πίεσης, κάθετα προς τις ισοβαρείς, ανά μονάδα απόστασης*. Στους χάρτες των Ισοβαρών η οριζόντια βαροβαθμίδα υπολογίζεται αν διαιρέσουμε τη διαφορά πίεσης ανάμεσα σε δύο διαδοχικές ισοβαρείς με την απόστασή τους. Αυτό σημαίνει ότι όσο πυκνότερες είναι οι ισοβαρείς, τόσο μεγαλύτερη είναι η οριζόντια βαροβαθμίδα. Για παράδειγμα, αν στο χάρτη Ισοβαρών η απόσταση ανάμεσα στην ισοβαρή των 990 mb και στην ισοβαρή των 985 mb είναι 50 χιλιόμετρα, τότε η οριζόντια βαροβαθμίδα είναι 5 mb/50 χλμ. (δηλαδή 0.1 mb/ χλμ) και *έχει κατεύθυνση από τις υψηλότερες προς τις χαμηλότερες πιέσεις* (Άρα η οριζόντια βαροβαθμίδα είναι διάνυσμα).

Βαρομετρική Τάση

Εκτός από την τιμή της βαρομετρικής πίεσης, σε κάποιο τόπο και χρόνο, χρήσιμη είναι και μία ένδειξη της μεταβολής της. Ορίζουμε, λοιπόν, ένα νέο μέγεθος, τη

[8] *Όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο αυτή η ελάττωση ονομάζεται Κατακόρυφη Θερμοβαθμίδα.*

βαρομετρική τάση. Η βαρομετρική τάση είναι η μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης μέσα σε ορισμένη χρονική περίοδο παρατήρησης. Την υπολογίζουμε, αφαιρώντας τη βαρομετρική πίεση που μετρήθηκε στην αρχή της περιόδου από την βαρομετρική πίεση που μετριέται στο τέλος της περιόδου. Η βαρομετρική τάση μας δίνει μία ένδειξη του ρυθμού της αύξησης ή της μείωσης της βαρομετρικής πίεσης. *Όταν η βαρομετρική πίεση αυξάνεται είναι θετική, όταν μειώνεται είναι αρνητική.* Η περίοδος παρατήρησης είναι συνήθως τρεις ώρες, και *η βαρομετρική τάση αναφέρεται στο τέλος της περιόδου.* Για παράδειγμα, αν στις 08:00 μετρήσουμε πίεση 1000 milibar και στις 11:00 μετρήσουμε 1000.1 milibar, η Βαρομετρική Τάση στις 11:00 είναι 0.1 milibar ανά τρεις ώρες και είναι θετική.

Μορφές Ισοβαρών

Θα εκτεθούν οι βασικές μορφές ισοβαρών, όπως φαίνονται στους χάρτες καιρού και περιγράφονται στα μετεωρολογικά δελτία. Στα κεφάλαια για τους ανέμους και τη μετεωρολογική πρόγνωση, θα δούμε με λεπτομέρεια τη σημασία τους.

- ***Η Ύφεση*** *(Χαμηλό Βαρομετρικό, Low): Οι ισοβαρείς καμπύλες είναι κλειστές, με σχήμα περίπου κυκλικό ή ελλειπτικό, και η πίεση ελαττώνεται από την περιφέρεια προς το κέντρο. Δηλαδή οι χαμηλότερες πιέσεις είναι στο κέντρο, και η οριζόντια βαροβαθμίδα έχει κατεύθυνση από την περιφέρεια προς το κέντρο (Εικόνα 13, Εικόνα 15). Μερικές φορές, ανάμεσα στις ισοβαρείς μιας ύφεσης περικλείεται μία άλλη ύφεση, που ονομάζεται Δευτερεύουσα Ύφεση.*
- ***Ο Αντικυκλώνας*** *(Υψηλό Βαρομετρικό, High): Οι ισοβαρείς καμπύλες είναι κλειστές, με σχήμα περίπου κυκλικό ή ελλειπτικό, και η πίεση αυξάνεται από την περιφέρεια προς το κέντρο. Δηλαδή οι υψηλότερες πιέσεις είναι στο κέντρο και η οριζόντια βαροβαθμίδα έχει κατεύθυνση από το κέντρο προς την περιφέρεια (Εικόνα 14).*
- ***Αυλώνας Υφέσεως (Trough)****: Οι ισοβαρείς σχηματίζουν σφήνα, όπου οι χαμηλές πιέσεις βρίσκονται στο μέσα μέρος της (Εικόνα 16).*
- ***Σφήνας Εξάρσεως (Ridge)****: Οι ισοβαρείς σχηματίζουν σφήνα, όπου οι υψηλές πιέσεις βρίσκονται στο μέσα μέρος της (Εικόνα 17).*
- ***Βαρομετρικός Αυχένας (Col)****: Η περιοχή ανάμεσα σε δύο υφέσεις και δύο αντικυκλώνες που διατάσσονται σε σχήμα σταυρού ή χιαστί, με τη μια ύφεση απέναντι από την άλλη καί τον ένα αντικυκλώνα απέναντι από τον άλλο αντίστοιχα (Εικόνα 18).*

Όργανα (Βαρόμετρο-Βαρογράφος)

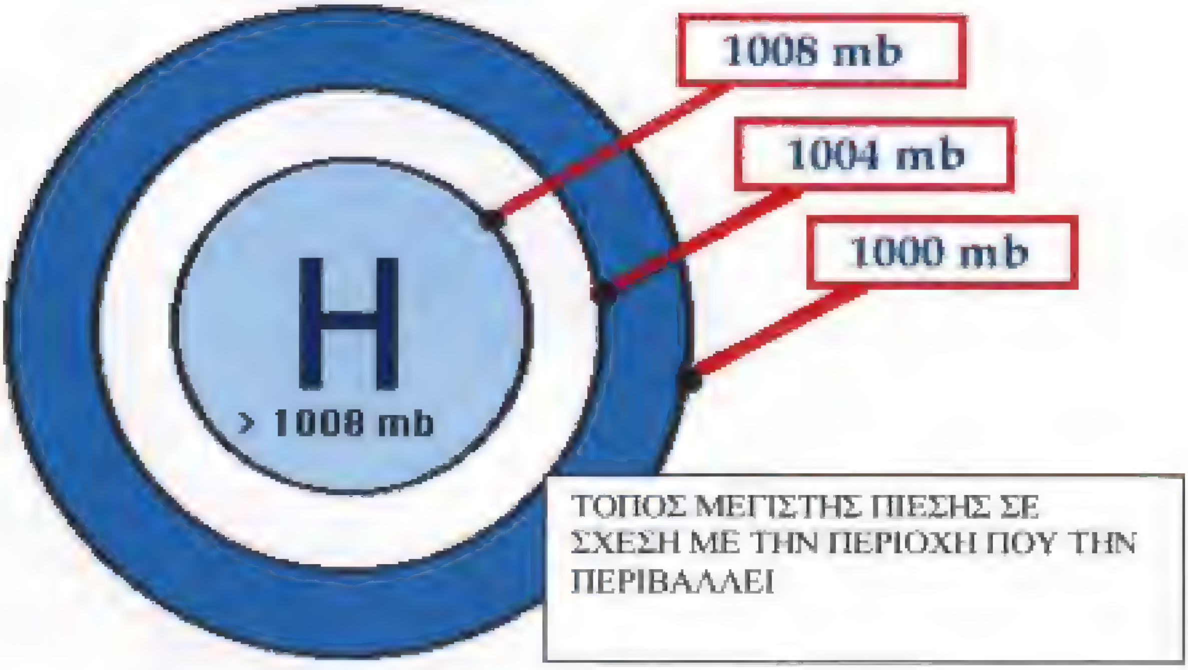
Στη συνέχεια θα εξετάσουμε τα όργανα μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης:

Υδραργυρικό Βαρόμετρο

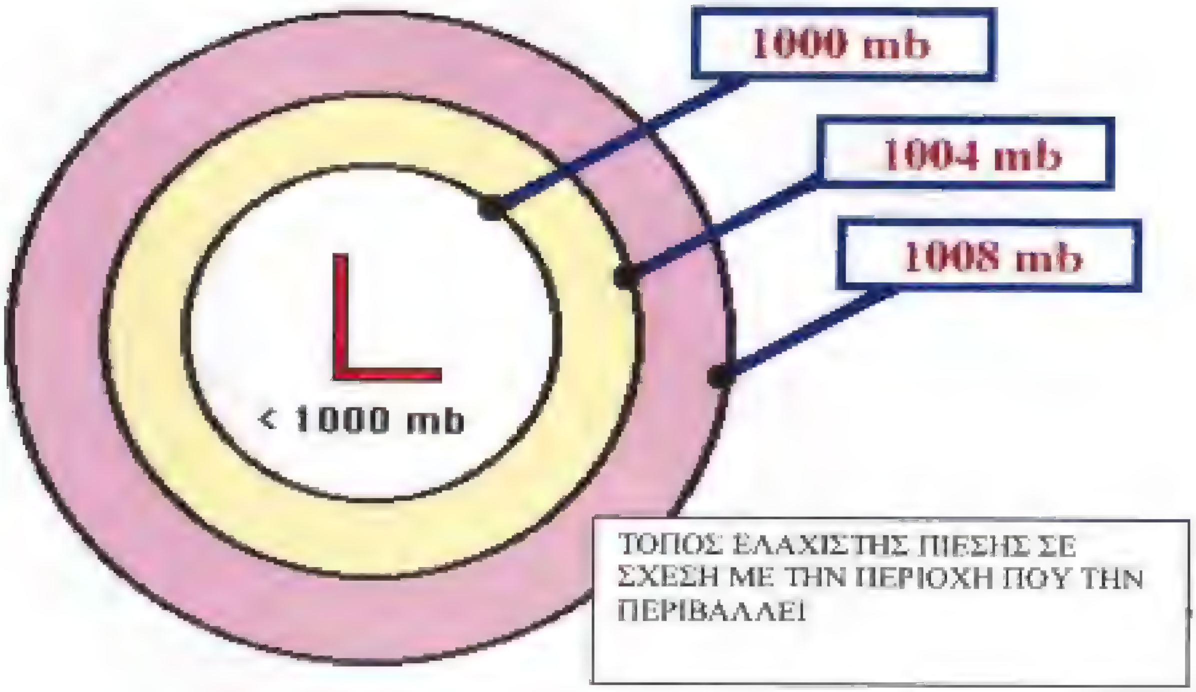
Το υδραργυρικό βαρόμετρο ή βαρόμετρο υδράργυρου ανακαλύφθηκε το 1643 από τον Evangelista Torricelli. Στη βασική του μορφή αποτελείται από ένα γυάλινο σωλήνα, μήκους περίπου ενός μέτρου, κλειστό στο ένα άκρο. Ο σωλήνας γεμίζεται με υδράργυρο και αναποδογυρίζεται πάνω από μία μικρή λεκάνη, που περιέχει επίσης υδράργυρο. Ο υδράργυρος, μέσα στο σωλήνα, αρχίζει να κατεβαίνει μέχρι το σημείο όπου την κάθοδό του σταματά η ατμοσφαιρική πίεση, ενώ το πάνω μέρος του σωλήνα μένει κενό. Το ύψος της στήλης του υδράργυρου προσδιορίζει την ατμοσφαιρική πίεση και, προφανώς, όσο αυτή αυξάνεται, τόσο μεγαλύτερο ύψος στήλης υδράργυρου μπορεί να συγκρατήσει (Εικόνα 19). Στο σημείο αυτό μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η πυκνότητα του υδράργυρου, άρα και το βάρος της στήλης, επηρεάζεται από τη θερμοκρασία. Γι΄ αυτό, τις ενδείξεις των υδραργυρικών βαρομέτρων τις διορθώνουμε από ειδικούς πίνακες, με στοιχείο εισόδου τη θερμοκρασία. Η διαδικασία ονομάζεται αναγωγή βαρομετρικής ένδειξης σε θερμοκρασία 0 C^0 και γίνεται με τη βοήθεια των πινάκων Bodwitch (Παράδειγμα Πίνακας 2).

Επειδή στο υδραργυρικό βαρόμετρο το βάρος στήλης υδράργυρου αντισταθμίζει την ατμοσφαιρική πίεση, η βαρομετρική ένδειξη διορθώνεται για τις διαφορετικές τιμές της επιτάχυνσης της βαρύτητας[9]. Η επιτάχυνση της βαρύτητας μειώνεται από τους Πόλους

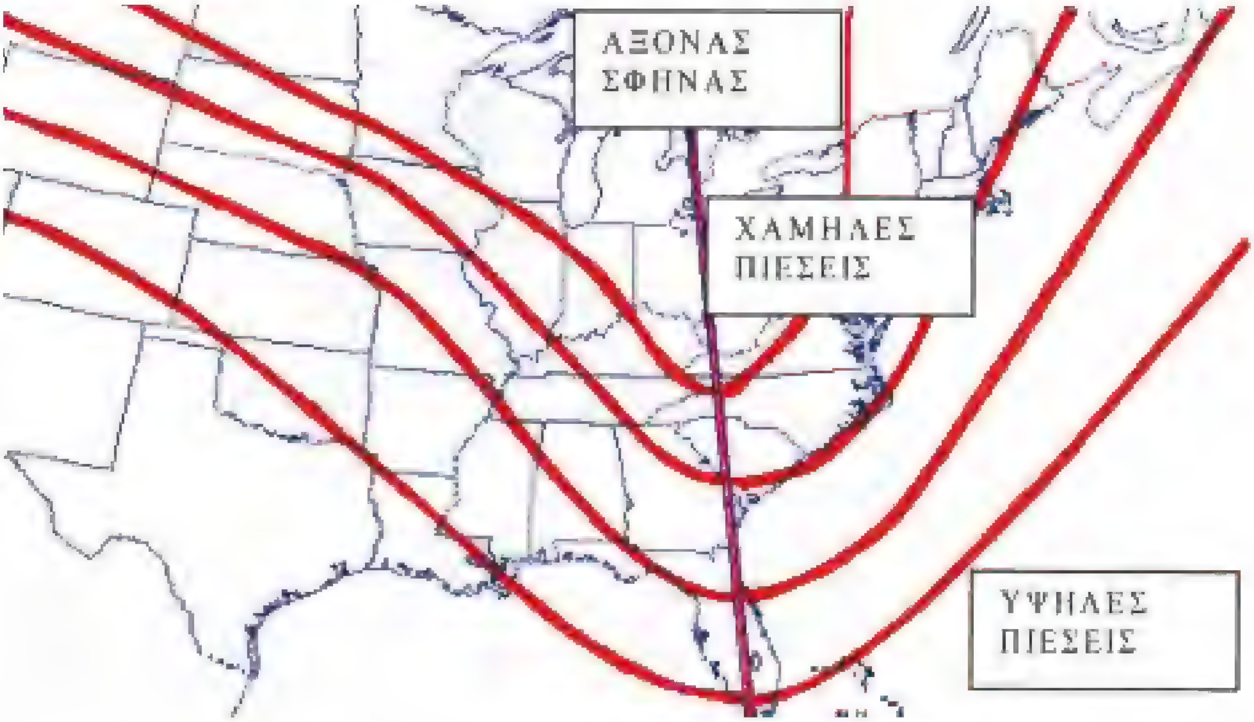
[9] *Το γνωστό μας από τη Φυσική g.*



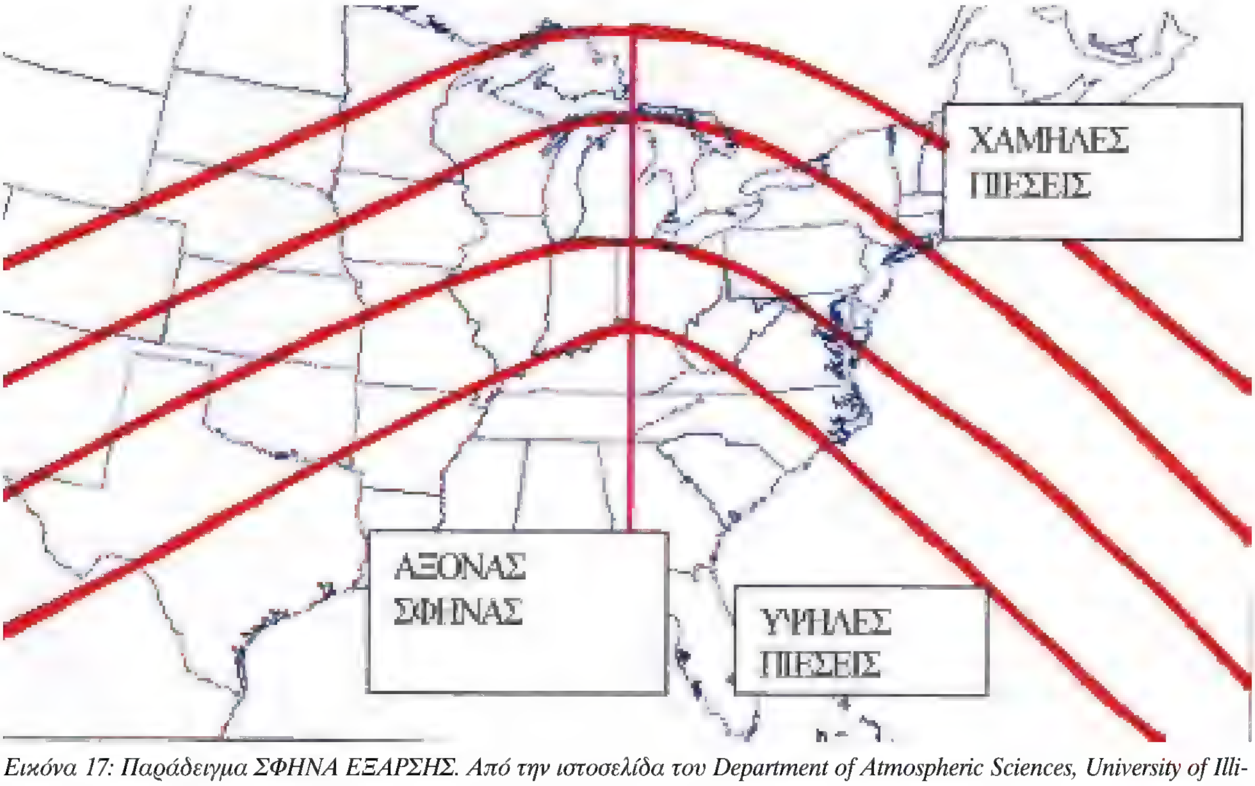
Εικόνα 14: Παράδειγμα ΑΝΤΙΚΥΚΛΩΝΑ. Από την ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain.



Εικόνα 15: Παράδειγμα ΥΦΕΣΗΣ. Από την ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain.



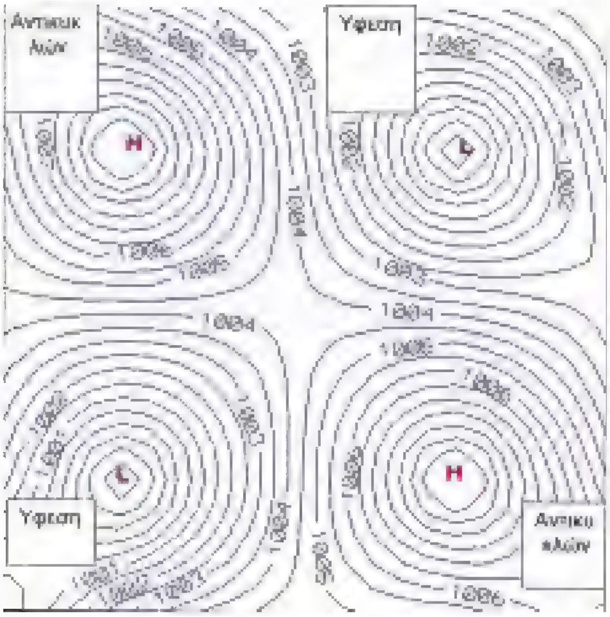
Εικόνα 16: Παράδειγμα ΑΥΛΩΝΑ ΥΦΕΣΗΣ. Από την ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain.



Εικόνα 17: Παράδειγμα ΣΦΗΝΑ ΕΞΑΡΣΗΣ. Από την ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain.

προς τον Ισημερινό[10]. Οι διορθώσεις της ένδειξης βαρόμετρου, σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος, βρίσκονται στους πίνακες Bodwitch (Πίνακας 4).

Επίσης, όπως ήδη έχουμε δει, οι ενδείξεις βαρόμετρου ανάγονται στην Επιφάνεια της Θάλασσας, πράγμα που γίνεται με τη βοήθεια των πινάκων Bodwitch[11], όπου η αναγωγή γίνεται με στοιχεία εισόδου την υψομετρική διαφορά και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος (Παράδειγμα Πίνακας 3).



Εικόνα 18: Βαρομετρικός Αυχένας

Το υδραργυρικό βαρόμετρο είναι πολύ ακριβές, αλλά είναι ογκώδες, εύθραυστο και επηρεάζεται από την κίνηση (προνευστασμό και διατειχισμό) του πλοίου. Στα περισσότερα πλοία έχει αντικατασταθεί από το βαρόμετρο κενού.

Θερμ.	Ένδειξη Βαρόμετρου σε ίντσες Υδράργυρου					
F°	27.5	28.0	29.0	30.0	30.5	31.0
-20.0	+0.12	+0.12	+0.13	+0.13	+0.14	+0.14
+00.0	+0.07	+0.07	+0.07	+0.08	+0.08	+0.08
+20.0	+0.02	+0.02	+0.02	+0.02	+0.02	+0.02
+40.0	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03
+60.0	-0.08	-0.08	-0.08	-0.09	-0.09	-0.09
+80.0	-0.13	-0.13	-0.13	-0.14	-0.14	-0.14
+100.0	+0.18	+0.18	+0.19	+0.19	+0.20	+0.20

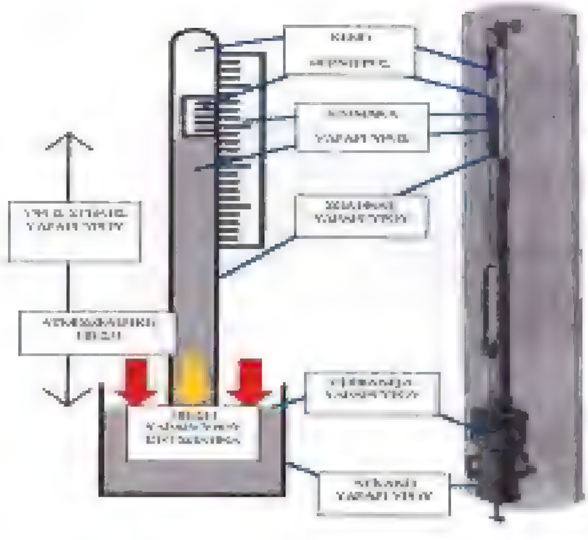
Πίνακας 2: Διόρθωση Θερμοκρασίας στην ένδειξη Βαρόμετρου (Από τους Πίνακες Bodwitch)

Μεταλλικό Βαρόμετρο

Το μεταλλικό βαρόμετρο ή βαρόμετρο κενού (θα το συναντήσουμε και ως ανεροειδές βαρόμετρο) αποτελείται από ένα μεταλλικό τύμπανο από το οποίο έχει αφαιρεθεί αέρας (Εικόνα 20). Η παραμόρφωσή του εξαρτάται από την εξωτερική πίεση της ατμόσφαιρας και μεταβάλλεται μαζί της. Στό εσωτερικό του τυμπάνου υπάρχει ένα ελατήριο, για να αποφεύγεται η ολοκληρωτική σύνθλιψή του. Το τύμπανο κινεί ένα δείκτη που μετράει την πίεση σε μία βαθμολογημένη κλίμακα. Στα περισσότερα μεταλλικά βαρόμετρα υπάρχει ακόμη ένας δείκτης, του οποίου η θέση ελέγχεται χειροκίνητα. Αυτό το δείκτη, όποτε παίρνουμε ένδειξη βαρόμετρου, τον ταυτίζουμε με τον δείκτη της πίεσης, ώστε στην επόμενη παρατήρηση, με μια ματιά, να γνωρίζουμε αν η πίεση αυξάνεται ή μειώνεται.

ΎψοςΣε πόδια	Θερμοκρασία σε F°						
	-20	00	20	40	60	80	100
5	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
30	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
50	0.06	0.06	0.0	0.06	0.05	0.05	0.05
80	0.10	0.10	0.10	0.09	0.9	0.08	0.08
100	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10
125	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12

Πίνακας 3: Αναγωγή 'Ενδειξης Βαρόμετρου στην επιφάνεια της θάλασσας (Από τους Πίνακες Bodwitch)



Εικόνα 19: Αρχή λειτουργίας του Υδραργυρικού Βαρόμετρου.

[10] *Αυτό οφείλεται στο ότι η Γη δεν είναι σφαίρα, αλλά έχει πεπλατυσμένο σχήμα, ώστε ο Ισημερινός να απέχει περισσότερο από το κέντρο της από ότι οι Πόλοι. Γι΄ αυτό και υφίσταται σχετικά μειωμένη (ως προς τους Πόλους) τη βαρυτική έλξη και αυξημένη τη φυγόκεντρο από περιστροφή της Γης.*

[11] *Η μόνη δυσκολία των πινάκων Bodwitch είναι ότι χρησιμοιούν αγγλοσαξωνικές μονάδες (Βαθμούς Φαρενάιτ, Πόδια, 'Ιντσες Υδράργυρου κτλ.)*



Εικόνα 20: Μεταλλικό Βαρόμετρο

Το μεταλλικό βαρόμετρο επηρεάζεται από το υψόμετρο με τον ίδιο τρόπο που επηρεάζεται το υδραργυρικό. Αντίθετα, δεν επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, διότι κατασκευάζεται, συνήθως, από υλικά με διαφορετικό συντελεστή διαστολής με τέτοιο τρόπο, ώστε οι διαστολές να αλληλοαναιρούνται. Επίσης δεν επηρεάζεται από τη μεταβολή της επιτάχυνσης της βαρύτητας με το γεωγραφικό πλάτος.

Πλάτος (Μοίρες)	Διόρθ ίντσες Υδρ.	Πλάτος (Μοίρες)	Πλάτος (Μοίρες)	Πλάτος (Μοίρες)	Διόρθ. ίντσες Υδρ.	Πλάτος (Μοίρες)	Διόρθ. ίντσες Υδρ.
0	-0.08	25	-0.05	50	+0.01	75	+0.07
5	-0.08	30	-0.04	55	+0.03	80	+0.07
10	-0.08	35	-0.03	60	+0.04	85	+0.08
15	-0.07	40	-0.02	65	+0.05	90	+0.08
20	-0.06	45	+0.00	70	+0.06		

Πίνακας 4: Διόρθωση ένδειξης Βαρόμετρου για τη μεταβολή της βαρύτητας με το γεωγραφικό πλάτος (Από τους Πίνακες Bodwitch)

Βαθμολογούμε, συνήθως, τα βαρόμετρα κενού συγκρίνοντάς τα με ακριβή υδραργυρικά βαρόμετρα. Ο δείκτης, που αναφέραμε στην προηγούμενη παράγραφο, μπορεί να μετακινηθεί με χρήση ενός ρυθμιστικού κουμπιού, ώστε να εξουδετερωθεί το τυχόν εργαλειακό (ή συστηματικό) σφάλμα. Λέγοντας εργαλειακό ή συστηματικό σφάλμα εννοούμε σφάλμα ή ανακρίβεια κατασκευής. Η ένδειξη του βαρόμετρου λοιπόν μπορεί να αλλάξει κατά σταθερό αριθμό milibars.

Επειδή και το ύψος του μετεωρολογικού κλωβού του πλοίου είναι σταθερό, μπορούμε να διορθώσουμε την ένδειξη, ώστε και το εργαλειακό σφάλμα να αντισταθμίζουμε και Πίεση Επιφάνειας Θάλασσας να παίρνουμε απευθείας.

Τα περισσότερα από τα βαρόμετρα που συναντώνται στα πλοία είναι μεταλλικά, διότι έχουν μικρότερο μέγεθος και, αντίθετα από τα υδραργυρικά, δεν είναι ιδιαίτερα εύθραυστα.

Βαρογράφος

Είναι ένα είδος μεταλλικού βαρόμετρου, όπου όμως ο δείκτης συνδέεται με μία γραφίδα. Η γραφίδα ακουμπά σε μία χαρτοταινία, η οποία τυλίγεται αργά από ωρολογιακό μηχανισμό σε περιστρεφόμενο τύμπανο. Στη χαρτοταινία υπάρχουν υποδιαιρέσεις χρόνου και πίεσης, και με την κίνηση χαρτοταινίας και γραφίδας καταγράφεται ένδειξη κάθε χρονική στιγμή, υπό μορφή καμπύλης (Εικόνα 21).

Η χρησιμότητα του βαρογράφου είναι ότι δίνει μία συνεχή ένδειξη των βαρομετρικών πιέσεων και μεταβολών, αλλά και καταγράφει μικρές διακυμάνσεις πίεσης που η συνηθισμένη, ανά τρίωρο, παρατήρηση με βαρόμετρο, μπορεί και να παραλείψει. Συνιστάται το όργανο αυτό να στερεώνεται καλά, ώστε να προστατεύεται από απότομες κινήσεις του πλοίου.



Εικόνα 21: Βαρογράφος

Περίληψη

• Το βάρος της στήλης ατμοσφαιρικού αέρα, με εμβαδόν βάσης ίσο με ένα τετραγωνικό εκατοστό και ύψος που να φθάνει στα όρια της ατμόσφαιρας λέγεται ατμοσφαιρική πίεση.

• Στη Μετεωρολογία, η ατμοσφαιρική πίεση μετριέται σε χιλιοστόβαρα, milibars, όπου 1 milibar=1000 dynes/cm^2. Επίσης, μετριέται σε χιλιοστά στήλης υδράργυρου (όπου ένα χιλιοστό στήλης υδράργυρου αντιπροσωπεύει πίεση στήλης υδράργυρου σε θερμοκρασία μηδέν βαθμών Κελσίου, και ύψους ενός χιλιοστού και ισούται με 4/3 milibars). Πρόσφατα, καθιερώθηκε ως μονάδα μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης το Εκτοπασκάλ (HPa) το οποίο ισούται με ένα χιλιοστόβαρο. Στην επιφάνεια της Γης, η πίεση είναι περίπου 1000 mb.

• Η πίεση μειώνεται με το ύψος. Για το λόγο αυτό, οι παρατηρήσεις από μετεωρολογικούς σταθμούς διορθώνονται, ώστε η μέτρησή τους να αντιστοιχεί σε μηδενικό ύψος. Αυτό λέγεται αναγωγή στην επιφάνεια της θάλασσας.

• Η πίεση ενός τόπου παρουσιάζει τυχαίες και περιοδικές μεταβολές. Οι τυχαίες σχετίζονται με τις ατμοσφαιρικές διεργασίες που προκαλούν τα καιρικά φαινόμενα. Οι περιοδικές μεταβολές είναι συνήθως μικρού εύρους, οι πιο σημαντικές είναι η ημερήσια και η ετήσια.

• Η ημερήσια μεταβολή της πίεσης θεωρείται ότι ακολουθεί την ημερήσια μεταβολή της θέρμανσης της ατμόσφαιρας. Έχει εύρος 3-4 mb στον Ισημερινό και μειώνεται σε μερικά δέκατα του mb στα μέσα και ανώτερα πλάτη. Τα μέγιστα εμφανίζονται στις 9-10 και 21-22 και τα ελάχιστα 3-4 και 15-16 τοπική ώρα. Η ετήσια μεταβολή της πίεσης είναι ελάχιστη στον Ισημερινό και αυξάνεται με το γεωγραφικό πλάτος. Το μέγιστο της ετήσιας μεταβολής της πίεσης εμφανίζεται το χειμώνα στις ηπείρους και το καλοκαίρι στους ωκεανούς. Το ελάχιστο εμφανίζεται το καλοκαίρι στις ηπείρους και το χειμώνα στους ωκεανούς.

• Οι καμπύλες, οι οποίες, πάνω στο χάρτη, ενώνουν σημεία με την ίδια τιμή πίεσης, ονομάζονται Ισοβαρείς. Κατά μήκος καθεμιάς από αυτές, η ατμοσφαιρική πίεση έχει σταθερή και σαφώς καθορισμένη τιμή. Οι Ισοβαρείς δεν τέμνονται.

• Το μέγεθος που μετράει τη γεωγραφική μεταβολή της βαρομετρικής πίεσης ονομάζεται οριζόντια βαροβαθμίδα και ορίζεται ως η ελάττωση της πίεσης, κάθετα προς τις ισοβαρείς, ανά μονάδα απόστασης. Υπολογίζεται, αν διαιρέσουμε τη διαφορά πίεσης ανάμεσα σε δύο διαδοχικές ισοβαρείς με την απόστασή τους.

• Η βαρομετρική τάση είναι η μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης μέσα σε ορισμένη χρονική περίοδο παρατήρησης. Όταν η βαρομετρική πίεση αυξάνεται, είναι θετική, όταν μειώνεται, είναι αρνητική.

• Οι καμπύλες, οι οποίες, πάνω στο χάρτη, ενώνουν σημεία με την ίδια τιμή βαρομετρικής τάσης, ονομάζονται Ισαλοβαρείς. Κατά μήκος καθεμιάς από αυτές η βαρομετρική τάση έχει σταθερή και σαφώς καθορισμένη τιμή. Οι Ισαλοβαρείς δεν τέμνονται και χρησιμεύουν για να προσδιορίζουν τις περιοχές όπου συμβαίνουν έντονες αυξήσεις ή μειώσεις της πίεσης.

• Οι χαρακτηριστικές μορφές των ισοβαρών είναι η ύφεση, ο αντικυκλώνας, η δευτερεύουσα ύφεση, ο αυλώνας ύφεσης, ο σφήνας έξαρσης και ο βαρομετρικός αυχένας. Στις διάφορες μορφές ύφεσης, οι χαμηλές πιέσεις βρίσκονται εσωτερικά από τις υψηλές. Στον αντικυκλώνα και το σφήνα έξαρσης, αντίθετα, οι υψηλές πιέσεις βρίσκονται εσωτερικά από τις χαμηλές. Ο βαρομετρικός αυχένας είναι η περιοχή που περιλαμβάνεται ανάμεσα σε δύο αντικυκλώνες και δύο υφέσεις που διατάσσονται σε σχήμα σταυρού ή χιαστί.

• Στο υδραργυρικό θερμόμετρο, η ατμοσφαιρική πίεση αντισταθμίζει πίεση στήλης υδράργυρου. Επειδή η πυκνότητα του υδράργυρου εξαρτάται από τη θερμοκρασία, οι ενδείξεις του διορθώνονται με βάση ειδικούς πίνακες. Η διαδικασία ονομάζεται αναγωγή βαρομετρικής ένδειξης σε θερμοκρασία 0 C^o. Επίσης, η ένδειξη του βαρόμετρου διορθώνεται για τη μεταβολή της επιτάχυνσης της βαρύτητας με το γεωγραφικό πλάτος.

• Στο μεταλλικό βαρόμετρο ή βαρόμετρο κενού, η παραμόρφωση ενός μεταλλικού τύμπανου, από το οποίο έχει αφαιρεθεί αέρας, εξαρτάται από την εξωτερική πίεση της ατμόσφαιρας. Το τύμπανο αυτό κινεί ένα δείκτη που μετράει την πίεση σε μία βαθμολογημένη κλίμακα.

• Σφάλματα μεταλλικού βαρόμετρου: εργαλειακό ή συστηματικό σφάλμα είναι σφάλμα ή ανακρίβεια κατασκευής. Ο δείκτης μπορεί να μετακινηθεί με χρήση ενός ρυθμιστικού κουμπιού, ώστε να εξουδετερωθεί

αυτό. Επηρεάζεται επίσης από το υψόμετρο με τον ίδιο τρόπο που επηρεάζεται το υδραργυρικό. Αντίθετα, δεν επηρεάζεται από τη θερμοκρασία διότι κατασκευάζεται, συνήθως, από υλικά με διαφορετικό συντελεστή διαστολής με τέτοιο τρόπο, ώστε οι διαστολές να αλληλοαναιρούνται.

- Ο βαρογράφος είναι ένα είδος μεταλλικού βαρόμετρου, όπου ο δείκτης συνδέεται με γραφίδα. Αυτή καταγράφει συνεχώς την ένδειξη πίεσης, σε βαθμολογημένη χαρτοταινία που ξετυλίγεται μπροστά της από ωρολογιακό μηχανισμό.

Ερωτήσεις Επανάληψης

- Μπορείτε να δώσετε τον ορισμό της ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια της Γης;
- Δώστε περιληπτικά εξήγηση στο εξής ερώτημα: Πώς μεταβάλλεται η πίεση με το ύψος; Μπορείτε να εξηγησετε τι είναι αναγωγή της πίεσης στην επιφάνεια της θάλασσας, και για ποιο λόγο γίνεται αυτή η διόρθωση στις παρατηρήσεις;
- Πώς επηρεάζεται η ένδειξη του υδραργυρικού βαρόμετρου και πώς του μεταλλικού από τη θερμοκρασία του αέρα και τη μεταβολή του γεωγραφικού πλάτους;
- Μπορείτε να περιγράψετε την ημερήσια και την ετήσια μεταβολή της πίεσης;
- Τι λέγονται ισοβαρείς; Δώστε μία σύντομη περιγραφή της χάραξης των ισοβαρών στο χάρτη.
- Τι λέγεται οριζόντια βαροβαθμίδα; Μπορεί η οριζόντια βαροβαθμίδα να υπολογιστεί αν σας δοθεί χάρτης Ισοβαρών; Εξηγείστε πώς.
- Τι μετράει η βαρομετρική τάση; Σε τι χρησιμεύει στη μετεωρολογική πρόγνωση;
- Τι λέγονται ισαλοβαρείς; Δώστε μία σύντομη περιγραφή της χάραξης των ισαλοβαρών στο χάρτη;
- Μπορείτε να σχεδιάσετε από ένα παράδειγμα ύφεσης, δευτερεύουσας ύφεσης, αντικυκλώνα, βαρομετρικού αυχένα και να δώσετε μία σύντομη περιγραφή του καθενός;
- Μπορείτε να σχεδιάσετε από ένα παράδειγμα αυλώνα ύφεσης, και σφήνα έξαρσης και να δώσετε μία σύντομη περιγραφή της καθεμιάς;
- Μπορείτε να περιγράψετε την αρχή λειτουργίας του υδραργυρικού βαρόμετρου και πώς επηρεάζεται από τη θερμοκρασία;
- Μπορείτε να περιγράψετε την αρχή λειτουργίας του μεταλλικού βαρόμετρου (κενού);.
- Μπορείτε να περιγράψετε τα σφάλματα του μεταλλικού βαρόμετρου: Με ποιον τρόπο οι κατασκευαστές αντιμετωπίζουν το σφάλμα θερμοκρασίας;
- Μπορείτε να εξηγήσετε πώς λειτουργεί ο βαρογράφος; (Το σχήμα θα σας βοηθούσε).

Ασκήσεις-Εργασίες

- Πόση είναι η πίεση στην επιφάνεια της Γης σε λίβρες ανά τετραγωνική ίντσα (pounds/inch^2); (όπου 1 inch=2.54 cm, 1 pound=0.445 Kp =4.45 Nt).
- Πόσα χιλιοστά στήλης υδράργυρου αντιστοιχούν σε ατμοσφαιρική πίεση 950 milibars; Πόσα εκτοπασκάλ;
- Πόσα χιλιοστά στήλης υδράργυρου αντιστοιχούν σε ατμοσφαιρική πίεση 1000 milibars; Πόσα εκτοπασκάλ;
- Η απόσταση ανάμεσα στην ισοβαρή των 985 mb και στην ισοβαρή των 980 mb είναι 80 χιλιόμετρα. Μπορείτε να υπολογίσετε την οριζόντια βαροβαθμίδα; Ποια θα είναι η κατεύθυνσή της;

- Η απόσταση ανάμεσα στην ισοβαρή των 975 mb και στην ισοβαρή των 980 mb είναι 180 χιλιόμετρα. Μπορείτε να υπολογίσετε την οριζόντια βαροβαθμίδα; Ποια θα είναι η κατεύθυνσή της;

- Παρακάτω δίνεται ένας πίνακας αναγωγής πιέσεων στην επιφάνεια της θάλασσας, για υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες. Ο πίνακας δίνει τα χιλιοστά υδράργυρου που πρέπει, σε κάθε περίπτωση, να προστεθούν στην ένδειξη του βαρόμετρου για να προκύψει η πίεση σε μηδενικό ύψος. Χαράξτε τις καμπύλες της μεταβολής της πίεσης με το ύψος. (Χαράξτε και τις δύο καμπύλες στο ίδιο διάγραμμα και παρατηρήστε πως επηρεάζεται η διαφορά πίεσης από τη θερμοκρασία):

ΥΨΟΣ σε Μέτρα	Θερμοκρασία= -15 C°Διαφορά πίεσης mm Υδρ	Θερμοκρασία= 40 C°Διαφορά πίεσης mm Υδρ
0	0.00	0.00
10	1.30	1.10
20	2.70	2.20
30	4.00	3.30
50	6.70	5.50
70	9.30	7.70
80	10.60	8.80
90	11.90	11.00
150	20.00	16.50
200	26.80	22.00

- Σε σειρά μετεωρολογικών παρατηρήσεων πήραμε τις ενδείξεις πίεσης του παρακάτω πίνακα. Συμπληρώστε τη στήλη της βαρομετρικής τάσης, προσδιορίζοντας ταυτόχρονα αν είναι θετική ή αρνητική στις παρενθέσεις. Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί ΔΕΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΖΕΤΑΙ η βαρομετρική τάση στην πρώτη γραμμή; θα μπορούσε να προσδιορισθεί, αν είχαμε παρατηρήσεις της προηγουμένης μέρας; Εξηγείστε.

ΧΡΟΝΟΣ	Βαρομετρική Πίεση σε milibars	Βαρομετρική Τάση
00:00	990.0	ΔΕΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΖΕΤΑΙ
03:00	990.05	.... ( )
06:00	990.10	.... ( )
09:00	990.08	.... ( )
12:00	990.07	.... ( )
15:00	990.06	.... ( )
18:00	990.10	.... ( )
21:00	990.15	.... ( )

- Σε ένα μετεωρολογικό σταθμό, που βρίσκεται σε ύψος 150 μέτρων πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, μετρήσαμε ένα καλοκαίρι τις παρακάτω πιέσεις: Στις 12:00 το μεσημέρι 1000.15 mb και στις 18:00 το απόγευμα 1000 mb. Και στις δύο περιπτώσεις η θερμοκρασία ήταν 40 βαθμοί Κελσίου. Ζητούνται:

- Η πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας στις 12:00 το μεσημέρι και στις 18:00 το απόγευμα (Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τον κατάλληλο πίνακα από προηγούμενη άσκηση).

- Η βαρομετρική τάση. Σε ποια ώρα παρατήρησης αναφέρεται η τιμή που βρήκατε, στις 12:00 το μεσημέρι ή στις 18:00 το απόγευμα; Είναι θετική ή αρνητική;

- Τι τιμή πίεσης εκτιμάτε ότι θα έχετε στις 21:00;

- Ποια διόρθωση δεν λάβαμε υπόψη εδώ;

- Δίνεται πίνακας αναγωγής βαρομετρικής ενδειξης σε θερμοκρασία 0 C°. Επαναλάβετε την προηγούμενη άσκηση, υποθέτοντας ότι ο μετεωρολογικός σταθμός χρησιμοποιούσε υδραργυρικό βαρόμετρο. Κάντε όλες τις διορθώσεις ύψους και θερμοκρασίας (στον Πίνακα, οι μονάδες πίεσης είναι χιλιοστά υδράργυρου που θα πρέπει να μετατρέψετε σε millibar). Οι τιμές των διορθώσεων του παρακάτω πίνακα είναι προσθετικές ή αφαιρετικές; Εξηγείστε:

Θερμ. C°	670 mm Y	680 mm Y	690 mm Y	700 mm Y	720 mm Y	730 mm Y	740 mm Y	750 mm Y	760 mm Y	770 mm Y	780 mm Y
10	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3
20	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5
30	3.3	3.3	3.4	3.4	3.5	3.6	3.6	3.7	3.7	3.8	3.8
40	4.4	4.4	4.5	4.5	4.7	4.7	4.8	4.9	4.9	5.0	5.1

Άνεμος και Γενική Κυκλοφορία της Ατμόσφαιρας

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθουμε:

ΝΕΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ	ΟΡΟΛΟΓΙΑ
Τι είναι Άνεμος και ποια είναι τα χαρακτηριστικά του.	*Διεύθυνση ανέμου, Ένταση ανέμου*
Πώς δημιουργούνται οι Άνεμοι και ποιες δυνάμεις ρυθμίζουν την κίνησή τους.	*Ανοδικά και καθοδικά ρεύματα*
Ποιοι παράγοντες καθορίζουν την κατεύθυνση και την έντασή τους(Νόμος Buys-Ballot)	*Δύναμη Βαροβαθμίδας (pressure gradient force), Άνεμος Βαροβαθμίδας (Gradient Wind), Γεωστροφικός Άνεμος (geostrophic wind), Δύναμη Coriolis*
Σε ποιες μονάδες μετριέται η ταχύτητα του ανέμου. Τι είναι η κλίμακα BEAUFORT	*Κλίμακα BEAUFORT(Beaufort Scale)*
Πώς υπολογίζεται η ταχύτητα του ανέμου. Όργανα, πίνακες.	*Ανεμολόγιο, Κύριες και Δευτερεύουσες Κατευθύνσεις Ανεμολογίου, Κύριοι και Ενδιάμεσοι Άνεμοι Ανεμολογίου, Ανεμοδείκτης, Ανεμόμετρο(Wind Vane, Anemometer) Φαινόμενος ή Σχετικός Άνεμος (Apparent Wind), Αληθής Άνεμος (True Wind)*
Τις ζώνες πιέσεων και τη γενική κυκλοφορία των ανέμων στην επιφάνεια της Γης	*Ζώνες Πιέσεων, Ζώνη Ισημερινής Νηνεμίας (Doldrums), Ζώνες Υψηλών Πιέσεων Υποτροπικών Περιοχών (Horse Latitudes), Ζώνες Χαμηλών Πιέσεων Ανωτέρων Γεωγραφικών Πλατών, Πολικός Αντικυκλώνας*
Γενική ατμοσφαιρική κυκλοφορία	*Γενική ατμοσφαιρική κυκλοφορία(ή πλανητικό σύστημα των ανέμων, general circulation of the atmosphere), Γενικοί άνεμοι*
Τι ανέμους συναντάμε στα διάφορα γεωγραφικά πλάτη	*Σύστημα Αληγών Ανέμων, (Αληγείς Άνεμοι, Trade Winds Ανταληγείς Άνεμοι) Σύστημα Δυτικών Ανέμων (Επικρατούντες Δυτικοί Άνεμοι, prevailing westerlies (μυκώμενοι άνεμοι, roaring forties), Σύστημα Πολικών Ανέμων (winds of Polar Regions)*

Ποιοι είναι οι βασικοί περιοδικοί άνεμοι (μελτέμια, μουσώνες, ημερήσιοι άνεμοι)	*Περιοδικός Άνεμος, Εποχικός Άνεμος (Seasonal Winds), (Μουσσώνας, monsoons) Ετησίες (Μελτέμια), Μεγίστη ή Κυρία Ένταση Ετησίων, Ημερήσιος Άνεμος, Αύρα (Breeze)Θαλάσσια Αύρα, Απόγειος Αύρα Άνεμος των Κοιλάδων, Άνεμος των Βουνών, Καταβατικός Άνεμος Άνεμος Fohn (Φέν)*
Βασικοί τοπικοί άνεμοι	*Τοπικός Άνεμος*

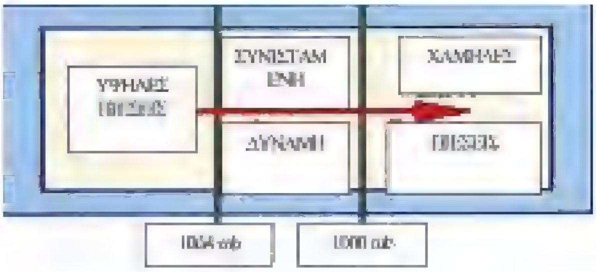
Σε προηγούμενο κεφάλαιο, είδαμε τις μορφές των συστημάτων πίεσης στην επιφάνεια της Γης. Εδώ θα δούμε πώς από τα συστήματα αυτά δημιουργούνται οι άνεμοι και πώς υπολογίζεται η κατεύθυνση και η έντασή τους, στην κλίμακα Beaufort. Τέλος, εξετάζουμε πώς από τη θέρμανση της Γης δημιουργούνται οι διάφορες ζώνες των πιέσεων και των ανέμων, και ποιους ανέμους συναντάμε στα διάφορα γεωγραφικά πλάτη. Επίσης θα μελετήσουμε τοπικούς ανέμους, διαφόρων περιοχών και εποχιακούς ανέμους.

Άνεμος-Χαρακτηριστικά του

Άνεμος ονομάζεται η ροή του αέρα πάνω από την επιφάνεια της Γης. Ανάμεσα σε γεωγραφικές περιοχές με διαφορετική Ατμοσφαιρική Πίεση, ο αέρας προσπαθεί να εξισώσει αυτές τις διαφορές, ρέοντας από τις υψηλότερες προς τις χαμηλότερες πιέσεις, και δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο τον άνεμο. Σε όλες τις περιπτώσεις, ο όρος άνεμος αναφέρεται πάντοτε σε οριζόντιες μετακινήσεις του ατμοσφαιρικού αέρα[12]. Για τις κατακόρυφες μετακινήσεις χρησιμοποιούνται οι όροι *ανοδικά και καθοδικά ρεύματα*.

Τα χαρακτηριστικά του ανέμου είναι δύο:

- *Η **Διεύθυνση**: Είναι το σημείο του Ορίζοντα από όπου πνέει ο άνεμος. Δηλαδή, ο άνεμος που φυσά από το Βορρά είναι Βόρειος, από το νότο Νότιος κτλ. Στους μετεωρολογικούς υπολογισμούς εκφράζουμε τη διεύθυνση σε δεκάδες μοιρών (π.χ. 010°-020°, 020°-030°,..., 350°-360°).*
- *Η **Ένταση**: Εκφράζεται ή από την ταχύτητα του ανέμου, ή από την πίεση που ασκεί στην επιφάνεια διαφόρων σωμάτων. Η πίεση είναι ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας[13] Παρακάτω στο κεφάλαιο αυτό θα δούμε τις κλίμακες μέτρησης της έντασης του ανέμου.*



Εικόνα 22: Δύναμη Βαροβαθμίδας

Δυνάμεις που ρυθμίζουν την κίνηση των Ανέμων.

Οι δυνάμεις που ρυθμίζουν την κίνηση του ανέμου είναι:

- *Η Δύναμη Βαροβαθμίδας*
- *Η Δύναμη Coriolis*
- *Η Τριβή*
- *Η Φυγόκεντρος*
- *Η Βαρύτητα της Γης*

Δύναμη Βαροβαθμίδας

Οι οριζόντιες μετακινήσεις των αερίων μαζών προκαλούνται από τη διαφορά πίεσης ανάμεσα σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές. Όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, αυτή η διαφορά εκφράζεται με την οριζόντια βαροβαθμίδα, δηλαδή τη μεταβολή της πίεσης ανάμεσα σε διαδοχικές ισοβαρείς στη μονάδα απόστασης. Αντίστοιχα, η δύναμη που ουσιαστικά δημι-

[12] *Στον Άνεμο περιλαμβάνονται και κινήσεις του αέρα που δεν είναι αυστηρά οριζόντιες, όπως η κίνησή του παράλληλα σε κεκλιμένο έδαφος (π.χ πλαγιά).*

[13] *Δηλαδή όταν η ταχύτητα διπλασιάζεται η πίεση τετραπλασιάζεται.*

ουργεί τους ανέμους ονομάζεται *Δύναμη Βαροβαθμίδας* (Εικόνα 22).

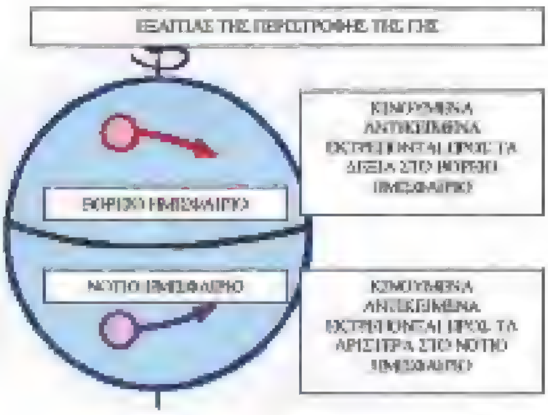
Δύναμη Coriolis

Η δύναμη αυτή οφείλεται στην περιστροφή της Γης και μπορεί να παρουσιασθεί ως εξής:

Περιστρέφουμε ένα δίσκο, ενώ με μία κιμωλία προσπαθούμε να χαράξουμε μία ευθεία γραμμή από το κέντρο προς την περιφέρεια. Όταν ο δίσκος σταματήσει, βλέπουμε ότι αντί για ευθεία έχουμε χαράξει καμπύλη (Εικόνα 23). Αυτή η "εκτροπή" της κίνησης λέμε ότι οφείλεται στη δύναμη Coriolis.



Εικόνα 23: Παρουσίαση της εκτροπής που οφείλεται στη δύναμη Coriolis.



Εικόνα 24: Η δύναμη Coriolis, εξαιτίας της περιστροφής της Γης (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain).

Η κινούμενη αέρια μάζα που αποτελεί τον Άνεμο, κατά τη διαδρομή της, επηρεάζεται από την περιστροφή της Γης, με αποτέλεσμα, ενώ αρχικά είχε την τάση να κινηθεί στην κατεύθυνση της οριζόντια βαροβαθμίδας, να εκτρέπεται. Αυτή η δύναμη εκτροπής (δηλαδή η δύναμη Coriolis που είδαμε παραπάνω) *στο Βόρειο Ημισφαίριο εκτρέπει τον άνεμο προς τα δεξιά, στο Νότιο προς τα αριστερά σε* σχέση με την κατεύθυνση που θα είχε, αν δεν ασκούνταν η δύναμη αυτή (Εικόνα 24). Η δύναμη Coriolis, είναι ανάλογη της ταχύτητας του ανέμου, και της γωνιακής ταχύτητας περιστροφής της Γης στο συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος.

Τριβή

Αποφασιστικό ρόλο στη διαμόρφωση των στοιχείων του ανέμου, εκτός από τις δύο παραπάνω δυνάμεις, παίζει η δύναμη της Τριβής. Αυτή εμφανίζεται σε δύο περιπτώσεις, όταν ο ατμοσφαιρικός αέρας, στην κίνησή του, έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια της Γης, και όταν συνεχόμενα στρώματα ατμοσφαιρικού αέρα κινούνται με διαφορετικές ταχύτητες. Αυτή είναι αντίθετη στην κίνηση του ανέμου και εξαρτάται από την τραχύτητα του εδάφους και την ταχύτητα του ανέμου.

Η τριβή είναι σημαντικός παράγοντας στη διαμόρφωση των στοιχείων του ανέμου για μικρά ύψη, όπου είναι έντονη η επίδραση της επιφάνειας της Γης. Αποτέλεσμα της Τριβής είναι ότι οι μετρήσεις ανέμου στους μετεωρολογικούς σταθμούς δίνουν τιμές έντασης μικρότερες από την ένταση του ανέμου σε μεγαλύτερα ύψη.

Είδη Ανέμων

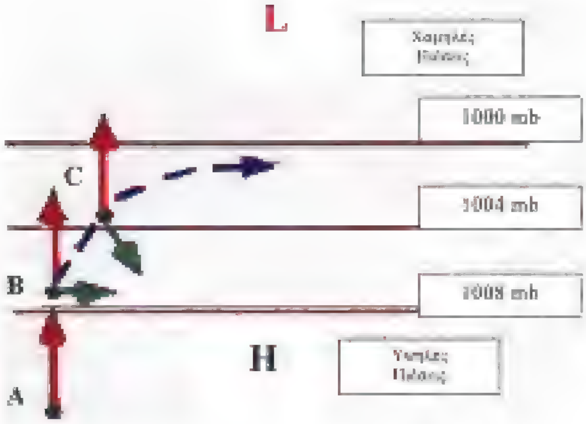
Ο Άνεμος διατηρεί σταθερή διεύθυνση και ένταση για μικρότερα η μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Για να συμβεί αυτό, οι δυνάμεις, που ρυθμίζουν τις κινήσεις του ανέμου, πρέπει να αλληλοεξουδετερώνονται, ώστε να υπάρχει ισορροπία.

Γεωστροφικός Άνεμος

Αν εξαιρέσουμε τη δύναμη της τριβής, πράγμα που μπορούμε να κάνουμε, όταν το ύψος είναι σχετικά μεγάλο, θα πρέπει η δύναμη οριζόντιας βαροβαθμίδας και η δύναμη Coriolis να είναι ίσες και αντίθετες. Ο άνεμος, στον οποίο ισχύει η παραπάνω συνθήκη ισορροπίας ονομάζεται *Γεωστροφικός Άνεμος*.

Ήδη γνωρίζουμε ότι η δύναμη οριζόντιας βαροβαθμίδας είναι κάθετη στις Ισοβαρείς και κατευθύνεται από τις υψηλές προς τις χαμηλές πιέσεις. Για να έχουμε ισορροπία, η δύναμη Coriolis πρέπει να είναι ίση και αντίθετη, δηλαδή κάθετη στις Ισοβαρείς και με κατεύθυνση προς τις υψηλές πιέσεις (Εικόνα 25), για να

συμβεί αυτό, *ο Γεωστροφικός Άνεμος θα κινείται παράλληλα προς τις Ισοβαρείς, με τις υψηλές πιέσεις στα δεξιά στο Βόρειο Ημισφαίριο και στα Αριστερά στο Νότιο.*



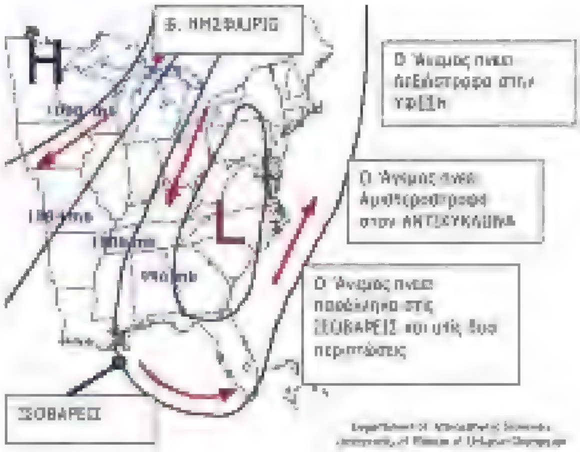
Εικόνα 25: Δυνάμεις βαροβαθμίδας και CORIOLIS διαμορφώνουν την κίνηση του γεωστροφικού ανέμου (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain), B είναι η δύναμη βαροβαθμίδας (κόκκινο διάνυσμα), C η δύναμη Coriolis (πράσινο διάνυσμα).

Ο γεωστροφικός άνεμος εξαρτάται από την οριζόντια βαροβαθμίδα, η οποία υπολογίζεται από τις Ισοβαρείς και τη Δύναμη Coriolis, η οποία εξαρτάται από την ταχύτητα και το γεωγραφικό πλάτος. Υπάρχουν ειδικές διαφανείς, πλαστικές, συνήθως, κλίμακες για τον υπολογισμό του γεωστροφικού ανέμου από χάρτες ισοβαρών σε δεδομένο γεωγραφικό πλάτος.

Άνεμος Βαροβαθμίδας

Αν οι Ισοβαρείς δεν είναι ευθείες γραμμές, αλλά καμπύλες, εκτός από τη δύναμη βαροβαθμίδας και τη δύναμη Coriolis, παίζει ρόλο και η φυγόκεντρος. Ο άνεμος που προκύπτει, όταν αλληλοαντισταθμίζονται αυτές οι τρεις, είναι ο *άνεμος βαροβαθμίδας*.

Είναι ενδιαφέρον να εξετάσουμε τον άνεμο βαροβαθμίδας στα δύο κύρια συστήματα Ισοβαρών, που είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, την ύφεση και τον αντικυκλώνα. Επειδή και η οριζόντια βαροβαθμίδα και η φυγόκεντρος είναι κάθετες στις Ισοβαρείς, για να έχουμε ισορροπία, πρέπει και η δύναμη Coriolis να είναι κάθετη. Αναγκαστικά, λοιπόν και σε αυτή την περίπτωση *ο άνεμος κινείται παράλληλα στις ισοβαρείς με τις υψηλές πιέσεις στα δεξιά στο βόρειο ημισφαίριο και στα αριστερά στο νότιο*. Ο άνεμος βαροβαθμίδας, εκτός από την οριζόντια βαροβαθμίδα και το γεωγραφικό πλάτος, εξαρτάται και από την ακτίνα καμπυλότητας των Ισοβαρών που επηρεάζει τη φυγόκεντρο (Εικόνα 26).



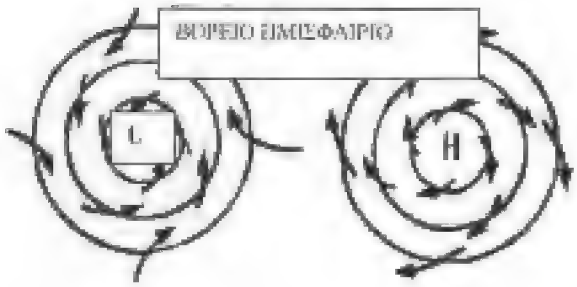
Εικόνα 26: Κίνηση ανέμου σε σχέση με τις ΙΣΟΒΑΡΕΙΣ. Από την ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain.

Τόσο ο γεωστροφικός, όσο και ο άνεμος βαροβαθμίδας είναι αποτέλεσμα προσεγγιστικών υπολογισμών και βοηθούν στην ανάλυση και πρόγνωση του καιρού διότι, πάνω από το στρώμα της τριβής (450 μέτρα) δίνουν περίπου τις πραγματικές διευθύνσεις και εντάσεις των ανέμων. Οι υπολογισμοί αυτοί είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι πάνω από περιοχές, όπου δεν υπάρχουν επαρκή μετεωρολογικά δεδομένα, όπως οι ωκεανοί.

Επίδραση Τριβής-Νόμος Buys-Ballot

Είδαμε μέχρι το σημείο αυτό ότι, αν αγνοήσουμε την τριβή, ο άνεμος κινείται παράλληλα στις Ισοβαρείς, με τις υψηλές πιέσεις στα δεξιά στο βόρειο ημισφαίριο και στα αριστερά στο νότιο. Από την άλλη μεριά, κοντά στην επιφάνεια και σε ύψη κάτω από τα 450 μέτρα, ο άνεμος δεν φυσά παράλληλα στις Ισοβαρείς πλέον, αλλά εξαιτίας της τριβής σχηματίζει γωνία με αυτές. Σε μέσα γεωγραφικά πλάτη, η γωνία αυτή είναι περίπου 40-50 μοίρες, σε σχέση με την οριζόντια βαροβαθμίδα, πάνω από ξηρά και περίπου 60-80 μοίρες πάνω από τη θάλασσα. Επιπλέον, η ένταση του ανέμου στην επιφάνεια μειώνεται εξαιτίας της τριβής, σε σχέση με τον αντίστοιχο γεωστροφικό ή τον άνεμο βαροβαθμίδας.

Αν λοιπόν συνυπολογίσουμε την τριβή, στις περιπτώσεις των υφέσεων ο άνεμος συγκλίνει προς το κέντρο, ενώ στην περίπτωση αντικυκλώνων αποκλίνει (Εικόνα 27).



Εικόνα 27: Επίδραση τριβής. Στις υφέσεις ο άνεμος συγκλίνει προς το κέντρο, ενώ στην περίπτωση αντικυκλώνων αποκλίνει.

Τη σχέση ανάμεσα στη διεύθυνση του ανέμου και τη διάταξη των ισοβαρών διαπίστωσε πρώτος ο Buys-Ballot, ο οποίος και διατύπωσε το νόμο που πήρε το όνομά του (Εικόνα 28):

> *"Αν στραφούμε στη διεύθυνση του ανέμου, οι υψηλές πιέσεις βρίσκονται εμπρός και αριστερά μας, οι χαμηλές πίσω και δεξιά, στο βόρειο ημισφαίριο. Στο νότιο τα πράγματα αντιστρέφονται"*



Εικόνα 28: Ο νόμος Buys-Ballot, αν ο παρατηρητής σταθεί με τον άνεμο (Πράσινο Διάνυσμα) κατά πρόσωπο εμπρός αριστερά του θα έχει τις υψηλές πιέσεις (H) και πίσω δεξιά τις χαμηλές (L) (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences University of Illinois Urbana-Champain).

Υπολογισμός Χαρακτηριστικών Ανέμου

Ανεμόμετρο-Ανεμοδείκτης

Η διεύθυνση του ανέμου μετριέται με τον ανεμοδείκτη, η ένταση με το ανεμόμετρο (Εικόνα 29).

Ο ανεμοδείκτης είναι μία ασύμμετρη διάταξη (πολλές φορές έχει σχήμα βέλους) που ισορροπεί σε κατακόρυφο άξονα και η δύναμη που ασκεί επάνω του ο άνεμος κάνει το μικρότερο τμήμα να στρέφεται, να δείχνει δηλαδή, προς τη διεύθυνση του ανέμου.

Το ανεμόμετρο, στην πιό απλή μορφή του, αποτελείται από αριθμό ημισφαιρίων που στηρίζονται σε οριζόντιους βραχίονες και που διατάσσονται ακτινωτά γύρω από ένα κατακόρυφο άξονα. Ο άνεμος περιστρέφει τη διάταξη, καθώς πέφτει στα ημισφαίρια και η ταχύτητα περιστροφής είναι ανάλογη της ταχύτητας του ανέμου.



Εικόνα 29: Ανεμόμετρο και Ανεμοδείκτης

Στα πλοία, στα οποία δεν λειτουργούν ανεμόμετρα, η ταχύτητα του ανέμου εκτιμάται από την εμφάνιση της θάλασσας και τη μορφή των κυμάτων με τρόπους που θα δούμε σε επόμενη παράγραφο.

Ανεμολόγιο

Στο τεύχος της ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ είδαμε ότι οι διευθύνσεις του ορίζοντα χωρίζονται σε τέσσερις κύριες (ΒΟΡΡΑΣ, ΝΟΤΟΣ, ΑΝΑΤΟΛΗ, ΔΥΣΗ), τέσσερις βοηθητικές (Βορειοανατολική, Βορειοδυτική, Νοτιοανατολική και Νοτιοδυτική) και έναν αριθμό ενδιαμέσων , συνολικά 16. Κάθε διεύθυνση έχει το όνομα του ανέμου που φυσά από τη διευθύνση αυτή και η διαίρεση του Ορίζοντα που περιγράψαμε λέγεται Ανεμολόγιο (Εικόνα 30). Παρακάτω βλέπουμε τους ανέμους του Ανεμολογίου και τις διευθύνσεις τους σε μοίρες.



Εικόνα 30: το Ανεμολόγιο

Στο Ανεμολόγιο οι Ανεμοι (Β, ΒΑ, Α, ΝΑ, Ν, ΝΔ, Δ,

ΒΔ) ονομάζονται κύριοι ή πρωτεύοντες, οι υπόλοιποι ενδιάμεσοι ή δευτερεύοντες. Στα ημερολόγια πλοίων οι διευθύνσεις των ανέμων συνήθως μνημονεύονται με τα γράμματα του επίσημου συμβολισμού και όχι με αριθμό μοιρών (π.χ. ΒΒΑ-6 όπου η ένταση αναγράφεται σε κλίμακα Beaufort που θα δούμε παρακάτω).

Επίσημος Συμβολισμός	Ονομασία Ανέμου	Διεύθυνση σε Μοίρες
Β	Βορράς ή Τραμοντάνα	000^{0}
ΒΒΑ	Μεσοβορράς ή Γραιγοτραμοντάνα	22^{0},5
ΒΑ	Μέσης ή Γρέγος	045^{0}
ΑΒΑ	Μεσαπηλιώτης ή Γραιγολεβάντες	67^{0},5
Α	Απηλιώτης ή Λεβάντες	090^{0}
ΑΝΑ	Ευραπηλιώτης ή Σιροκολεβάντες	112^{0},5
ΝΑ	Εύρος ή Σιρόκος	135^{0}
ΝΝΑ	Ευρονότος ή Οστριασιρόκος	157^{0},5
Ν	Νότος ή 'Οστρια	180^{0}
ΝΝΔ	Λιβονότος ή Οστριαγαρμπής	202^{0},5
ΝΔ	Λιψ ή Γαρμπής	225^{0}
ΔΝΔ	Λιβοζέφυρος ή Πονεντογαρμπής	247^{0},5
Δ	Ζέφυρος ή Πονέντες	270^{0}
ΔΒΔ	Σκιρωνοζέφυρος ή Πονεντομαίστρος	292^{0},5
ΒΔ	Σκίρων ή Μαίστρος	315^{0}
ΒΒΔ	Σκιρωνοβορράς ή Μαιστροτραμοντάνα	337^{0},5

Πίνακας 5: Οι Ονομασίες των Ανέμων.

Κλίμακα Beaufort

Όταν κάποιο πλοίο δεν διαθέτει ανεμόμετρο, η διεύθυνση και η ένταση του ανέμου εκτιμώνται ως εξής:

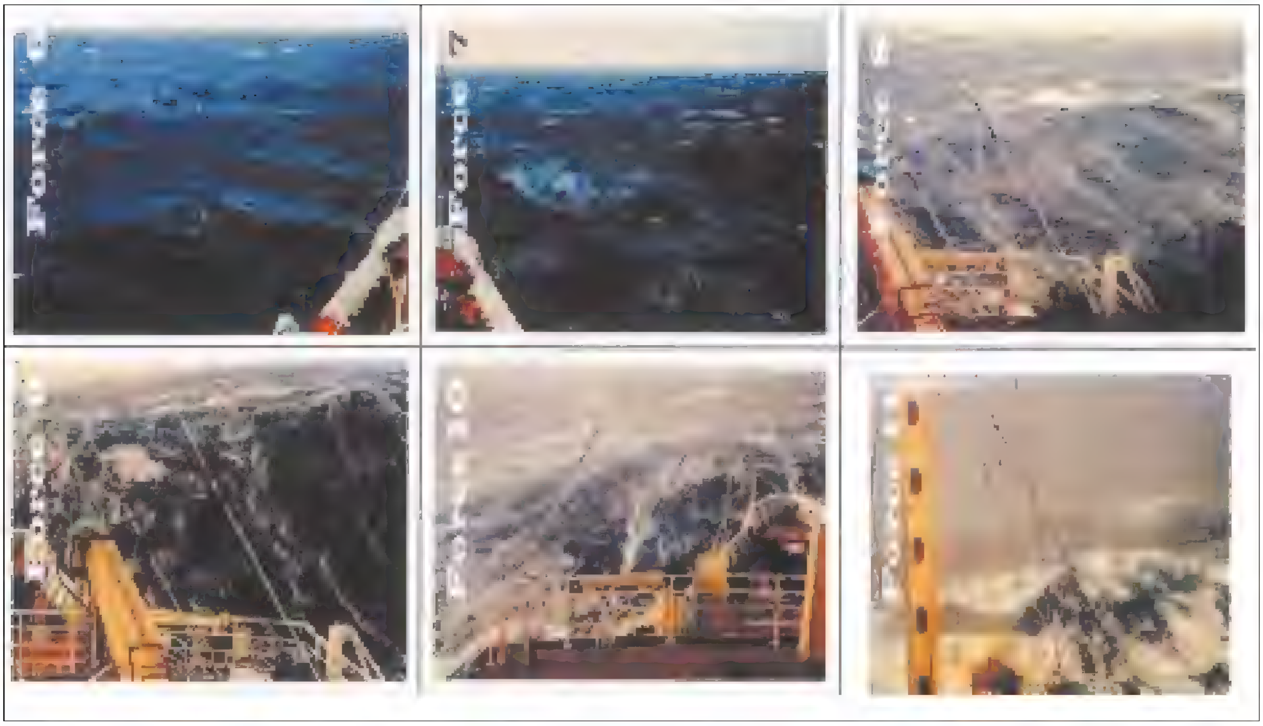
Η γενική διεύθυνση από όπου φαίνεται να έρχονται τα κύματα δίνει συνήθως μια καλή προσέγγιση της δι-

Κλίμακα Beaufort	Ταχ. Ανέμου	Περιγραφή	Κριτήριο Θάλασσας	Μέσο Ύψος Κύματος
0	<1 Κόμβοι	Νηνεμία (Calm)	Θάλασσα σαν καθρέφτης	---
1	1-3 Κόμβοι	Υποπνέων(Light Air)	Ρυτίδες στην επιφάνεια της Θάλασσας	0.1 μέτρα
2	4-6 Κόμβοι	Ασθενής(Light Breeze)	Μικρά κύματα, λίγος αφρός στις κορυφές. Τα κύματα δεν σπάζουν.	0.2 μέτρα
3	7-10 Κόμβοι	Λεπτός(Gentle Breeze)	Μικρά κύματα που αρχίζουν να σπάζουν. 0.6 μέτρα Σποραδικές κηλίδες αφρού.	
4	11-16 Κόμβοι	Μέτριος(Moderate)	τα μικρά κύματα γίνονται μακρύτερα και οι αφροί περισσότεροι. Οι κηλίδες αφρού εμφανίζονται συχνότερα.	1.0 μέτρα
5	17-21 Κόμβοι	Λαμπρός(Fresh Breeze)	Μέτρια κύματα, πολλοί αφροί και μερικές ψεκάδες.	2.0 μέτρα
6	22-27 Κόμβοι	Ισχυρός(Strong Breeze)	Μεγάλα κύματα, πολλοί αφροί, πιτσίλισμα.	3.0 μέτρα
7	28-33 Κόμβοι	Σφοδρός(Near Gale)	Η Θάλασσα φουσκώνει, το σπάσιμο των κυμάτων δημιουργεί αφρούς που σχηματίζουν ταινίες στη διεύθυνση του ανέμου.	4.0 μέτρα
8	34-40 Κόμβοι	Θυελλώδης (Gale)	Μέτρια κύματα μεγαλύτερου μήκους, το σπάσιμο των κυμάτων δημιουργεί αφρούς που σχηματίζουν στροβίλους και ταινίες στη διεύθυνση του ανέμου.	5.5 μέτρα
9	41-47 Κόμβοι	Θύελλα (Strong Gale)	Υψηλά κύματα, ταινίες αφρού στη διεύθυνση 7.0 μέτρα του ανέμου. Πιτσίλισμα που περιορίζει την ορατότητα.	
10	48-55 Κόμβοι	Ισχυρή Θύελλα (Storm)	Πολύ υψηλά κύματα. Κηλίδες αφρού εκτινάσσονται από τον άνεμο. Η επιφάνεια της θάλασσας γίνεται λευκή. Η ορατότητα μειώνεται.	9.0 μέτρα
11	56-63 Κόμβοι	Σφοδρά Θύελλα (Violent Storm)	Εξαιρετικά υψηλά κύματα. Η θάλασσα καλύπτεται τελείως από μπαλώματα αφρού. Οι κορυφές των κυμάτων παρασύρονται από τον άνεμο. Ορατότητα μειωμένη	11.5 μέτρα
12	>64 Κόμβοι	Λαίλαψ ή Τυφών (Hurricane)	Ο αέρας είναι γεμάτος από πιτσίλισμα. Η θάλασσα τελείως λευκή. Ορατότητα πολύ μειωμένη.	>14.0 μέτρα

Πίνακας 6: Η κλίμακα Beaufort



Εικόνα 31: Κατάσταση Θάλασσας με άνεμο από 0 έως 5 Beaufort. Από την Ιστοσελίδα THE GALVESTON BAY FISHING REPORT



Εικόνα 32: Κατάσταση Θάλασσας με άνεμο από 6 έως 11 Beaufort. Από την Ιστοσελίδα THE GALVESTON BAY FISHING REPORT

ΒΔ) ονομάζονται κύριοι ή πρωτεύοντες, οι υπόλοιποι ενδιάμεσοι ή δευτερεύοντες. Στα ημερολόγια πλοίων οι διευθύνσεις των ανέμων συνήθως μνημονεύονται με τα γράμματα του επίσημου συμβολισμού και όχι με αριθμό μοιρών (π.χ. ΒΒΑ-6 όπου η ένταση αναγράφεται σε κλίμακα Beaufort που θα δούμε παρακάτω).

Επίσημος Συμβολισμός	Ονομασία Ανέμου	Διεύθυνση σε Μοίρες
Β	Βορράς ή Τραμοντάνα	000°
ΒΒΑ	Μεσοβορράς ή Γραιγοτραμοντάνα	22°,5
ΒΑ	Μέσης ή Γρέγος	045°
ΑΒΑ	Μεσαπηλιώτης ή Γραιγολεβάντες	67°,5
Α	Απηλιώτης ή Λεβάντες	090°
ΑΝΑ	Ευραπηλιώτης ή Σιροκολεβάντες	112°,5
ΝΑ	Εύρος ή Σιρόκος	135°
ΝΝΑ	Ευρονότος ή Οστριασιρόκος	157°,5
Ν	Νότος ή ’Οστρια	180°
ΝΝΔ	Λιβονότος ή Οστριαγαρμπής	202°,5
ΝΔ	Λιψ ή Γαρμπής	225°
ΔΝΔ	Λιβοζέφυρος ή Πονεντογαρμπής	247°,5
Δ	Ζέφυρος ή Πονέντες	270°
ΔΒΔ	Σκιρωνοζέφυρος ή Πονεντομαίστρος	292°,5
ΒΔ	Σκίρων ή Μαίστρος	315°
ΒΒΔ	Σκιρωνοβορράς ή Μαιστροτραμοντάνα	337°,5

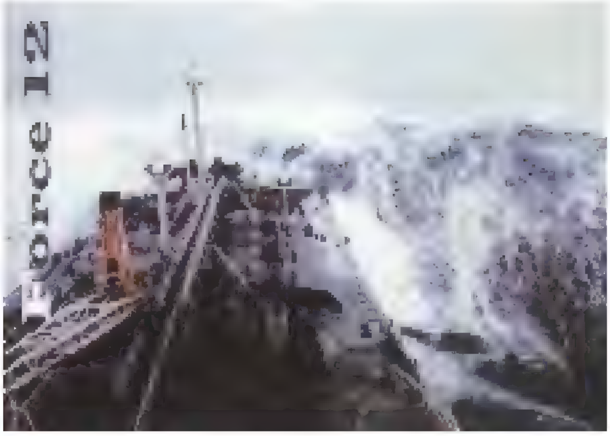
Πίνακας 5: Οι Ονομασίες των Ανέμων.

Κλίμακα Beaufort

Όταν κάποιο πλοίο δεν διαθέτει ανεμόμετρο, η διεύθυνση και η ένταση του ανέμου εκτιμώνται ως εξής:

Η γενική διεύθυνση από όπου φαίνεται να έρχονται τα κύματα δίνει συνήθως μια καλή προσέγγιση της διεύθυνσης του ανέμου.

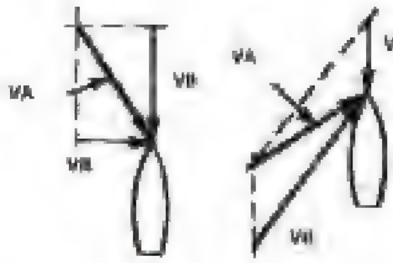
Η ένταση του ανέμου εκφράζεται στην κλίμακα Beaufort, η οποία πρωτοχρησιμοποιήθηκε το 1808 από το ναύαρχο Sir Francis Beaufort, και χρησιμοποιείται στα μετεωρολογικά δελτία (Οι μετεωρολογικές αναφορές των πλοίων και οι εγγραφές στο ημερολόγιο γέφυρας έχουν την ένταση ανέμου σε κόμβους). Οι βαθμίδες της κλίμακας αντιστοιχούν σε ένταση ανέμου τη χρονική στιγμή της παρατήρησης κατά την κρίση του παρατηρητή.



Εικόνα 33: Κατάσταση Θάλασσας με άνεμο 12 Beaufort. Από την Ιστοσελίδα THE GALVESTON BAY FISHING REPORT.

Φαινόμενος-Αληθής Άνεμος

Οταν επικρατεί άπνοια, επάνω στο πλοίο θα μετρήσουμε φαινόμενο ή σχετικό άνεμο με ταχύτητα ίση με την ταχύτητα του πλοίου και από διεύθυνση αντίθετη της πορείας του. Αν το πλοίο κινείται με πορεία 000° και ταχύτητα 10 κόμβων και ο άνεμος είναι από Βορρά με ταχύτητα 15 κόμβων, ο φαινόμενος άνεμος που μετριέται στο πλοίο θα έχει ταχύτητα 25 κόμβων από Βορρά. Αν το πλοίο αναστρέψει σε πορεία 180°, ο φαινόμενος άνεμος θα έχει ταχύτητα 5 κόμβων από Βορρά.



Εικόνα 34: Ο Φαινόμενος Άνεμος VA είναι το διανυσματικό άθροισμα του Πραγματικού Ανέμου VR και του ανέμου λόγω κίνησης πλοίου VB.

Σε κάθε περίπτωση, *ο φαινόμενος άνεμος, που μετράμε στο πλοίο, είναι ίσος με το διανυσματικό άθροισμα του ανέμου λόγω κίνησης πλοίου συν τον αληθή άνεμο* (βλ. και Εικόνα 34). Άρα ο *αληθής άνεμος ισούται με τον φαινόμενο άνεμο μείον τον άνεμο λόγω κίνησης πλοίου* (δηλαδή συν το διάνυσμα πορείας-ταχύτητας του πλοίου).

Ταχ. ΦΑΙΝ. ΑΝΕΜ δια ΤΑΧ. ΠΛΟΙΟΥ	Διαφορα Διεύθυνσης Από ΠΟΡΕΙΑ ΠΛΟΙΟΥ		
	10°	30°	40°

Ατμοσφαιρική Κυκλοφορία

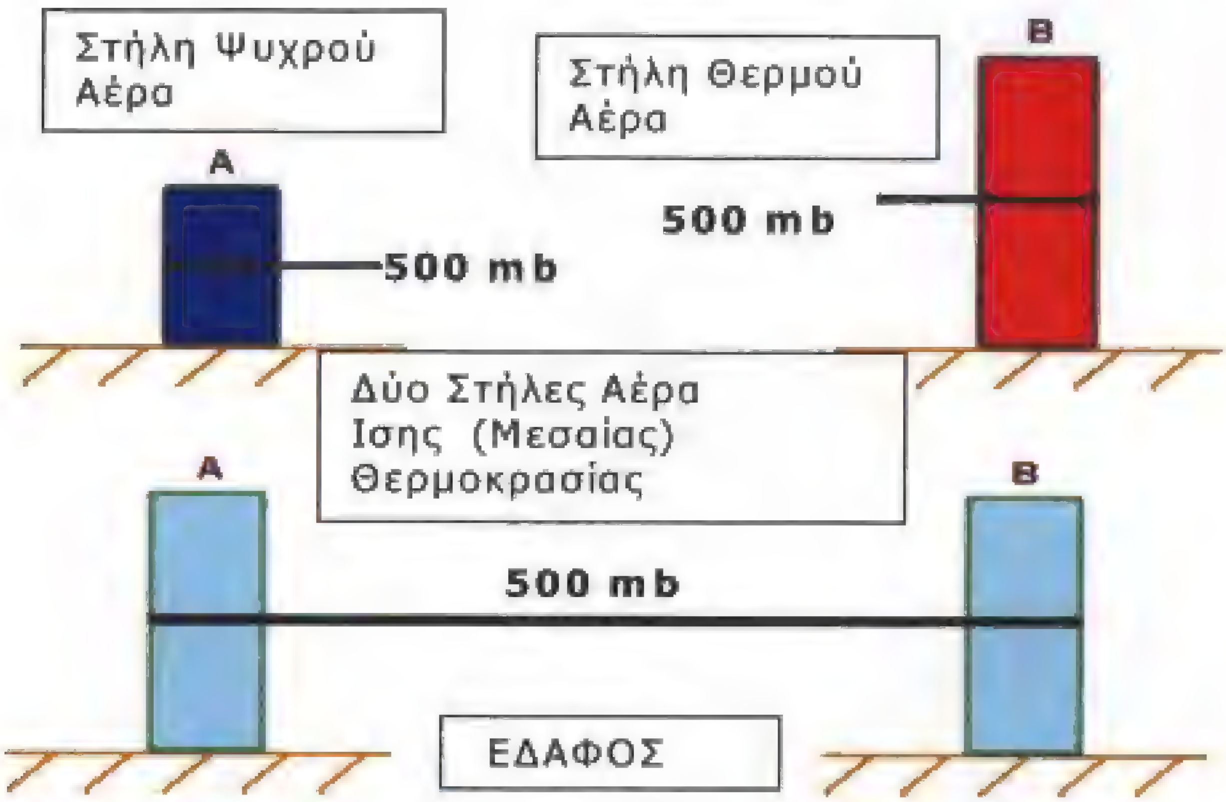
Γενικά

Όπως είδαμε στο κεφάλαιο για τη *θερμοκρασία του αέρα*, η ηλιακή ενέργεια θερμαίνει την επιφάνεια της Γης. Η επιφάνεια, με τη σειρά της, θερμαίνει την ατμόσφαιρα, ή με ακτινοβολία (Ακτινοβολία Εδάφους) ή με την επαφή και τις ανοδικές και καθοδικές κινήσεις που δημιουργούν ανάμιξη ατμοσφαιρικών στρωμάτων.

Συνολικά, η ακτινοβολία που δέχεται η Γη από τον ήλιο πρέπει ή να ανακλάται ή να επανεκπέμπεται ολόκληρη, δεδομένου ότι, κατά μέσο όρο, η Γη ούτε θερμαίνεται, ούτε ψύχεται. Τοπικά όμως, ή και για σύντομες χρονικές περιόδους, αυτή η ισορροπία δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει. Κατά συνέπεια, υπάρχουν αλλαγές στη θερμοκρασία τοπικές, ή ημερήσιες, ή εποχιακές. Όπως βλέπουμε στην Εικόνα 35, όσο πλησιέστερα στην κατακόρυφο πέφτουν οι ηλιακές ακτίνες, τόσο περισσότερη ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας δίνουν. Οι περιοχές των Τροπικών, κοντά στον Ισημερινό, προσλαμβάνουν περισσότερη ενέργεια από όση μπορούν να αποβάλλουν με ακτινοβολία. Αντίθετα, οι Πόλοι αποβάλλουν περισσότερη ενέργεια από όση προσλαμβάνουν.



Εικόνα 35: Θέρμανση της Επιφάνειας της Γης από τις Ηλιακές Ακτίνες.



Εικόνα 36: Οι διαφορές θερμοκρασίας δημιουργούν διαφορές πίεσης. Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain.

Υπάρχει ένας μηχανισμός ανταλλαγής θερμότητας που βασίζεται σε ατμοσφαιρικές κινήσεις, διαφορετικά ο Ισημερινός θα ήταν πολύ θερμότερος και οι Πόλοι πολύ ψυχρότεροι. Ο μηχανισμός αυτός είναι η "Γενική Ατμοσφαιρική Κυκλοφορία", και κατά δεύτερο λόγο τα ωκεάνεια ρεύματα. Η Γενική ατμοσφαιρική κυκλοφορία αντλεί την ενέργειά της από τις γεωγραφικές διαφορές θερμοκρασίας και σε τελική ανάλυση από τη θερμότητα του εδάφους.

Η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της Γης προκαλεί διαφορές πίεσης (Εικόνα 36), που με τη σειρά τους προκαλούν ατμοσφαιρικές κινήσεις που τείνουν να αντισταθμίσουν τις διαφορές. Παρατηρώντας την Εικόνα 36, βλέπουμε ότι στο ίδιο ύψος ο ψυχρός αέρας, που εχει μεγαλύτερη πίεση, θα κινηθεί προς το θερμό. Ο θερμός αέρας, όταν εκτοπίζεται από τον ψυχρό και επειδή έχει μικρότερη πυκνότητα, έχει την τάση να ανεβαίνει προς τα επάνω.

Πλανητικό Σύστημα των Ανέμων

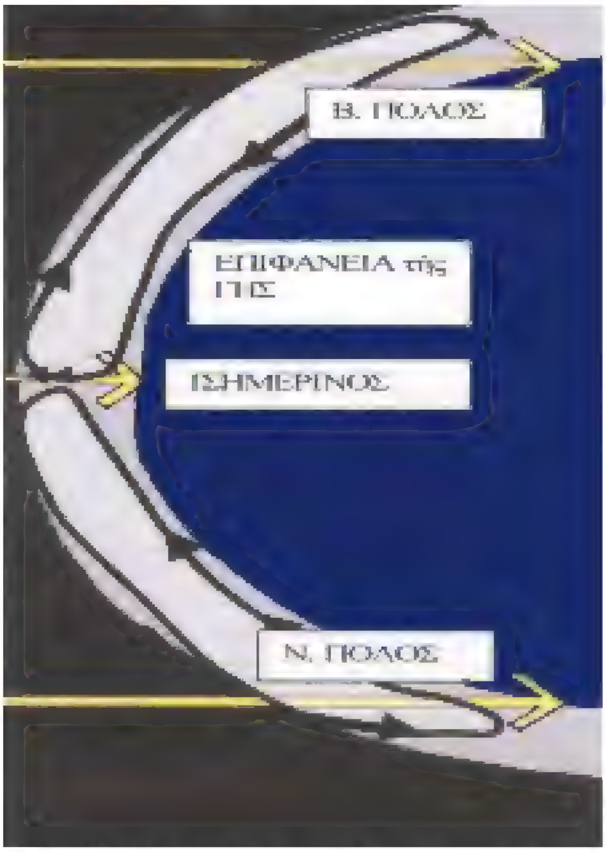
Αν αγνοούσαμε προσωρινά την περιστροφή της Γης, ο ψυχρός αέρας από τους Πόλους θα κατευθυνόταν προς τον Ισημερινό, εκτοπίζοντας το θερμό αέρα προς τα επάνω. Ο εκτοπιζόμενος θερμός αέρας θα κατευθυνόταν προς τους πόλους, για να πάρει τη θέση που θα άφηνε ο ψυχρός.

Στην πραγματικότητα, χρειάζεται να λάβουμε υπόψη:

- *Την Περιστροφή της Γης (δύναμη Coriolis)*
- *Την Κατανομή Ξηράς-Θάλασσας*
- *Τη μεταβολή της θέσης του ήλιου[14] (άρα και της θέρμανσης στην επιφάνεια).*

Αν δεν υπήρχαν αυτοί οι παράγοντες, η διαφορά θερμοκρασίας Ισημερινού και Πόλων θα δημιουργούσε το σύστημα που βλέπουμε στην Εικόνα 37. Η περιστροφή της Γης, όμως, εκτρέπει τους ανέμους και τους κατευθύνει παράλληλα στην Οριζόντια Βαροβαθμίδα, όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα ανώτερα ρεύματα, αντί να κινηθούν προς τους Πόλους, να ψύχονται με ακτινοβολία και να αρχίζουν την κάθοδό τους στις υποτροπικές περιοχές (πλάτος 30° περίπου), όπου και σχηματίζεται ζώνη υψηλών πιέσεων και το σύστημα των Αληγών. Αντίστοιχα, σχηματίζονται ακόμη δύο συστήματα κυκλοφορίας. Συνολικά έχουμε:

- *Το Σύστημα των Αληγών Ανέμων (Περιλαμβάνει Αληγείς και Ανταληγείς)*
- *Το Σύστημα των Δυτικών Ανέμων (Επικρατούντες Δυτικοί ή Μυκώμενοι 'Ανεμοι)*
- *Το σύστημα των πολικών Ανέμων*



Εικόνα 37: Η Γενική Ατμοσφαιρική Κυκλοφορία, αν αγνοήσουμε την περιστροφή της Γης, την κατανομή ξηράς-θάλασσας και τη μεταβολή της θέσης του ήλιου.

Το ένα και μοναδικό (για κάθε ημισφαίριο), λοιπόν, σύστημα πλανητικής κυκλοφορίας των ανέμων αντικαθίσταται από τρία συστήματα (έξι για τα δύο ημισφαίρια) που θα εξετάσουμε παρακάτω, σε συνδυασμό με τις ζώνες πιέσεων που τα δημιουργούν (Εικόνα 38).

Σημειώνεται ότι αυτή η περιγραφή αποτελεί μια πολύ γενικευμένη θεωρητική προσέγγιση. Υπάρχει ακό-

[14] *Στο μάθημα της Ναυσιπλοΐας θα δούμε ότι αυτό οφείλεται στη γωνία ανάμεσα στό επίπεδο του Ισημερινού και το επίπεδο της εκλειπτικής, που έχει ως αποτέλεσμα η απόκλιση (Declination) του ήλιου να μεταβάλλεται.*

μη ένας μηχανισμός που πρέπει να συνυπολογισθεί μαζί με όσους αναφέραμε παραπάνω και αυτός είναι η διατήρηση της στροφορμής, που έχουμε δει στο μάθημα της Φυσικής. Σύμφωνα με την αρχή αυτή, η ατμόσφαιρα πρέπει να διατηρεί σταθερή τη συνολική στροφορμή της. Όμως, οι άνεμοι που κινούνται ανατολικά, αντίθετα με την περιστροφή της Γης, κερδίζουν στροφορμή από την τριβή με το έδαφος, ενώ αυτοί που κινούνται δυτικά χάνουν. Για να διατηρείται σταθερή η κυκλοφορία πρέπει το σύστημα των δυτικών ανέμων να προσλαμβάνει στροφορμή από τα άλλα δύο. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια των βαρομετρικών συστημάτων που σχηματίζονται στα όρια των περιοχών (υφέσεις-αντικυκλώνες), και των οποίων η παρουσία ενισχύει την επικοινωνία ανάμεσα στα τρία συστήματα κυκλοφορίας που είδαμε.

Η *γενική κυκλοφορία ατμόσφαιρας* (ή *πλανητικό σύστημα των ανέμων*) στην πραγματικότητα φαίνεται στην Εικόνα 38. Ακολουθεί περιγραφή των ζωνών πιέσεων και των συστημάτων ανέμων.

Ζώνη Ισημερινών Νηνεμιών: Ο Ισημερινός είναι ζώνη χαμηλών πιέσεων εξαιτίας της έντονης θέρμανσης της επιφάνειας της Γης. Ο θερμός αέρας κινείται κατακόρυφα προς τα επάνω και προκαλεί έντονα φαινόμενα με κύριο χαρακτηριστικό τις ραγδαίες βροχές. Αντίθετα, οι οριζόντιες κινήσεις του αέρα (Ανεμοι δηλαδή) είναι σχετικά περιορισμένες, συνήθως επικρατεί νηνεμία από όπου και το όνομα της ζώνης.

Υποτροπικές ζώνες υψηλών πιέσεων: Σε μέσα πλάτη (30°), εκατέρωθεν του Ισημερινού έχουμε τις υποτροπικές ζώνες υψηλών πιέσεων. Απο την περιοχή αυτή φυσούν οι Αληγείς Άνεμοι (η σύστημα των Αληγών) προς την περιοχή των χαμηλών πιέσεων του Ισημερινού. Στο Βόρειο Ημισφαίριο, οι αληγείς έχουν κατεύθυνση Βορειοανατολική και στο Νότιο Ημισφαίριο Νοτιοανατολική εξαιτίας της εκτροπής λόγω των δυνάμεων Coriolis. Οι ταχύτητές τους κυμαίνονται από 13-18 Κόμβους. Παρατηρώντας προσεκτικά την Εικόνα 38, βλέπουμε ότι στα ανώτερα ατμοσφαιρικά στρώματα υπάρχουν οι Ανταληγείς άνεμοι, που πνέουν αντίθετα από τους αληγείς. Αυτό το σύστημα ανέμων είναι από τα σταθερότερα στο πλανητικό σύστημα των ανέμων.

Ζώνες Χαμηλών Πιέσεων Ανωτέρων Γεωγραφικών Πλατών: Σε μεγαλύτερα ακόμη πλάτη (60°) έχουμε τις "*Ζώνες Χαμηλών Πιέσεων Ανωτέρων Γεωγραφικών Πλατών*". Ανάμεσα στις ζώνες αυτές και τις υψηλές πιέσεις των υποτροπικών που είδαμε στην προηγούμενη παράγραφο πνέουν οι Επικρατούντες Δυτικοί Ανεμοι (Σύστημα των Δυτικών Ανέμων). Αυτοί, πολύ συχνά, είναι θυελλώδεις και ονομάζονται και μυκώμενοι άνεμοι. Στο σημείο αυτό, πρέπει να ανατρέξουμε στο βιβλίο της Ναυτιλίας, όπου παρατηρούμε ότι η Ορθοδρομική πλεύση μάς οδηγεί πάντοτε σε σχετικά μεγάλα γεωγραφικά πλάτη. Στο ναυτικό που σχεδιάζει μεγάλο ταξίδι (π.χ. Διάπλου του Ατλαντικού Ωκεανού), και υπολογίζει να κερδίσει καύσιμα και χρόνο πλέοντας ορθοδρομικά, είναι απαραίτητη η γνώση της συμπεριφοράς των μηκωμένων ανέμων, αφού σε πολλούς ορθοδρομικούς διάπλοες η πορεία τους περνά από την περιοχή τους. Εδώ φθάνει να πούμε ότι αυτοί οι άνεμοι διευκολύνουν τα ταξίδια προς τα Ανατολικά, αλλά είναι αντίθετοι σε πλοία με δυτικές πορείες.

Πολικός Αντικυκλώνας: Περί τους Πόλους έχουμε τις υψηλές πιέσεις του πολικού αντικυκλώνα. Οι άνεμοι στη ζώνη αυτή έχουν γενικά ανατολική κατευθύνση (Σύστημα των Πολικών Ανέμων). Το ναυτιλικό ενδιαφέρον όμως είναι μικρό, δεδομένου ότι αυτές οι περιοχές είναι, εξαιτίας των πάγων, κλειστές στη ναυτιλία.

Περιοδικοί Άνεμοι

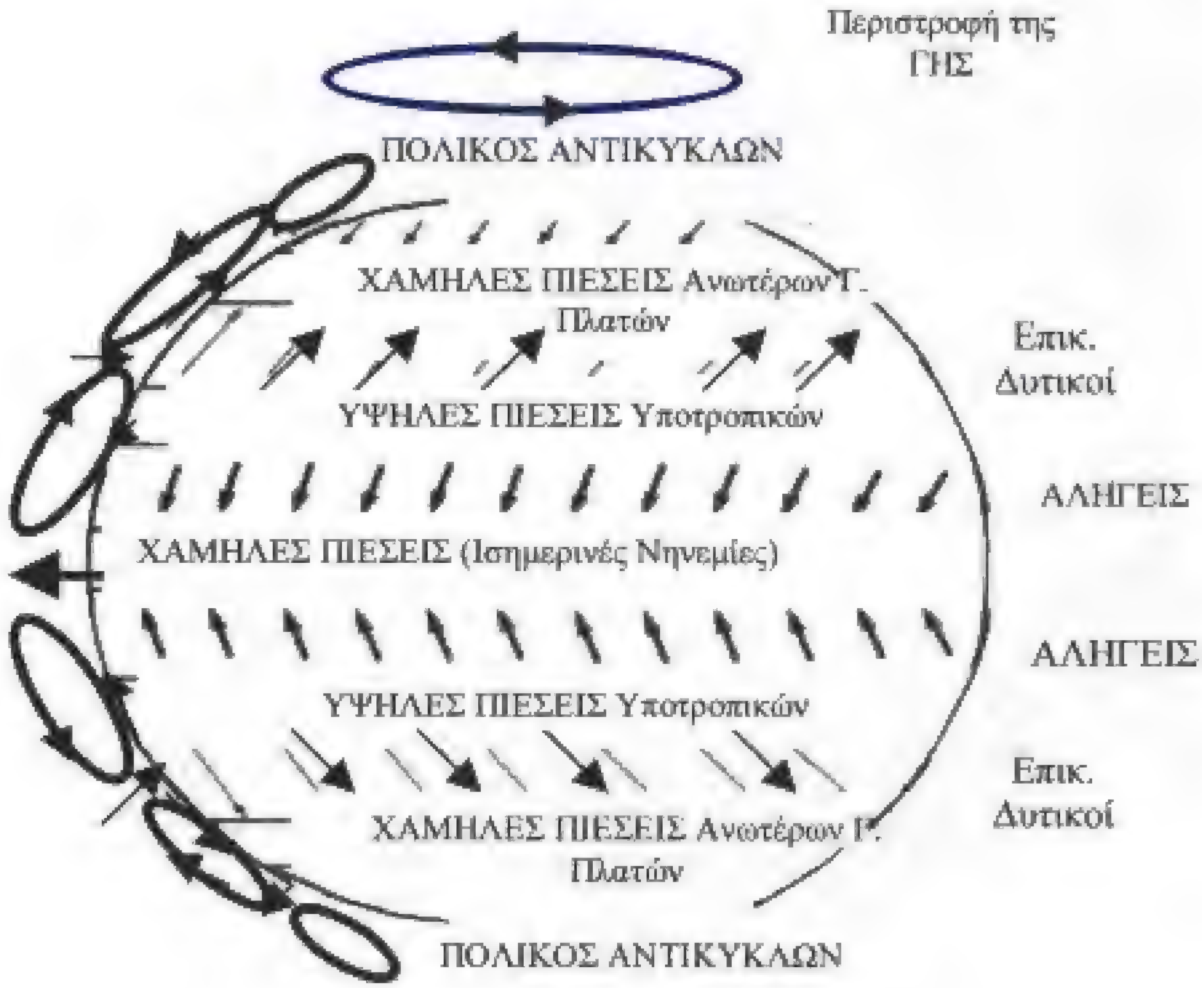
Η ξηρά και η θάλασσα θερμαίνονται και ψύχονται με διαφορετικούς ρυθμούς. Συγκεκριμένα, η ξηρά θερμαίνεται ή ψύχεται πολύ γρηγορότερα από τη θάλασσα. Η εναλλασσομένη θέρμανση-ψύξη ξηράς και γειτονικής θαλάσσιας περιοχής, δημιουργεί περιοδικούς ανέμους. Αυτοί, άλλοτε εξαρτώνται από εποχικές μεταβολές της θερμότητας που δίνει ο ήλιος σε συγκεκριμένη περιοχή και άλλοτε από ημερήσιες μεταβολές.

Εποχικοί Άνεμοι

Το χειμώνα οι θάλασσες είναι θερμότερες από τις ξηρές, ενώ κατά το καλοκαίρι συμβαίνει το αντίστροφο. Αυτό, όπως ήδη έχουμε δει, έχει ως αποτέλεσμα τον μεν χειμώνα να υπάρχουν υψηλότερες πιέσεις επάνω από τις ηπείρους, το δε καλοκαίρι χαμηλότερες.

Αυτές οι εποχικές διαφορές πιέσεων είναι και η αιτία των εποχικών ανέμων, από τους οποίους κυριότεροι είναι οι μουσώνες. Εμφανίζονται σε τμήματα των ωκεανών κοντά σε μεγάλες ηπείρους και φυσούν το καλοκαίρι από τον ωκεανό προς την ήπειρο και το χειμώνα αντίστροφα.

Οι μουσώνες του καλοκαιριού, επειδή προέρχονται από τον ωκεανό, μεταφέρουν μεγάλη ποσότητα υγρασίας και δημιουργούν ραγδαίες και συνεχείς βροχές. Οι χειμερινοί μουσώνες, αντίθετα, μεταφέρουν ξηρό αέρα.



Εικόνα 38: Γενική Κυκλοφορία στην Ατμόσφαιρα. Παρατηρούμε ότι εξαιτίας της περιστροφής της Γης οι Γενικοί Άνεμοι στρέφονται δεξιά (στο Β. Ημισφαίριο) ή αριστερά (Ν. Ημισφαίριο) σε σχέση με την οριζόντια βαροβαθμίδα. Σε μια υποθετική Γη που δεν θα περιστρεφόταν, θα ακολουθούσαν τη διαφορά πίεσης. Το ένα και μοναδικό σύστημα κυκλοφορίας στην Εικόνα 37, αντικαθίσταται εδώ με τρία ανά ημισφαίριο συστήματα κυκλοφορίας.

Μουσώνες εμφανίζονται στον Ινδικό Ωκεανό, τη Σινική Θάλασσα, στον κόλπο της Γουινέας την Βραζιλία την Αυστραλία κ.ά.

Ένα ακόμη είδος εποχικού ανέμου είναι οι ετησίες (Μελτέμια) των Ελληνικών θαλασσών. Οι άνεμοι αυτοί πνέουν από ΒΑ στο Βόρειο Αιγαίο, από Βόρεια στο Κεντρικό και Νότιο και από ΒΔ στο Ανατολικό Αιγαίο στο Νότιο Ιόνιο (στο Ν. Ιόνιο είναι εξασθενημένα). Διαρκούν από Μαϊο έως Οκτώβριο, με διακοπή στα μέσα Ιουνίου-αρχές Ιουλίου και δεύτερη διακοπή από μέσα Σεπτεμβρίου-αρχές Οκτωβρίου. Δεν είναι σταθεροί, αλλά πνέουν με διαλείμματα. Η έντασή τους είναι αρκετές φορές σημαντική, ιδιαίτερα στην περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου (Οπότε έχουμε τη μεγίστη ή Κυρία Ένταση), με αποτέλεσμα να διακόπτονται οι ακτοπλοϊκές συγκοινωνίες. Οι άνεμοι αυτοί οφείλονται σε συνδυασμό των υψηλών πιέσεων που επικρατούν στην Κεντρική Ευρώπη και την Οροσειρά του Αίμου και του ημιμονίμου χαμηλού της Νοτιοανατολικής Μεσογείου (Περιοχή Κύπρου).

Ημερήσιοι Άνεμοι

Οι ημερήσιοι άνεμοι οφείλονται στη διαφορά της θερμοκρασίας ανάμεσα σε θάλασσα και ξηρά, που παρατηρείται στη διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου. Είδαμε, αρκετές φορές μέχρι τώρα, ότι η διαφορά θερμοκρασίας δημιουργεί διαφορά πίεσης, με αποτέλεσμα κίνηση αέρα από την ψυχρότερη προς τη θερμότερη περιοχή. Συγκεκριμένα, επειδή μικραίνει η πίεση πάνω από

τη θερμότερη περιοχή, ο ψυχρότερος και πυκνότερος αέρας κινείται προς αυτήν, εκτοπίζοντας το θερμότερο και αραιότερο προς τα επάνω. Ο μηχανισμός ειναι ο ίδιος ακριβώς με εκείνον που δημιουργεί τους μουσώνες, αλλά σε πολύ μικρότερη κλίμακα και πολύ μικρότερη χρόνική περίοδο.

Η Αύρα εμφανίζεται στις περισσότερες παράκτιες περιοχές (ή και σε όχθες μεγάλων σχετικά λιμνών). Πρωινές ώρες, ανάμεσα στις 09.00-11.00 η ξηρά, που θερμαίνεται ή ψύχεται ταχύτερα από το νερό, είναι θερμότερη από τη θάλασσα και ο αέρας που βρίσκεται πάνω της είναι αραιότερος από τον αέρα πάνω από τη θάλασσα. Ο θαλάσσιος λοιπόν αέρας κινείται προς την ξηρά, εκτοπίζοντας το θερμό αραιότερο αέρα πάνω από την ξηρά (Εικόνα 39). Αυτή είναι η *θαλάσσια αύρα*. Προς το απόγευμα, όταν οι θερμοκρασίες θάλασσας και ξηράς έχουν σχεδόν γίνει ίσες, η αύρα αυτή παύει. Αργότερα, μετά τη δύση του ήλιου, οπότε η ξηρά ψύχεται γρηγορότερα από τη θάλασσα, ο αέρας πάνω από αυτήν κινείται προς τη θάλασσα, εκτοπίζοντας με τη σειρά του το θερμότερο και αραιότερο θαλάσσιο αέρα (Εικόνα 39). Αυτή είναι η *απόγειος αύρα*, που σταματά γύρω στην ανατολή του ήλιου.

Με κάπως διαφορετικό τρόπο σχηματίζονται οι *άνεμοι των βουνών* και οι *άνεμοι των κοιλάδων*. Κατά την ημέρα οι κοιλάδες θερμαίνονται εντονότερα και ο θερμός αέρας κινείται ανοδικά στις πλαγιές (άνεμος κοιλάδων), τη νύχτα, ο ψυχρότερος αέρας των βουνών κινείται καθοδικά προς τις κοιλάδες (άνεμος των βουνών).

Τοπικοί Άνεμοι

Οι τοπικοί άνεμοι επικρατούν σε ορισμένες μόνον περιοχές του κόσμου, εξαιτίας ειδικών τοπογραφικών χαρακτηριστικών, που μπορούν να κατευθύνουν τη ροή του ανέμου, σε συνδυασμό με ειδικές καιρικές καταστάσεις. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να είναι κοιλάδες (όπως η κοιλάδα του ποταμού Ροδανού στη Γαλλία, κατά μήκος της οποίας πνέει ο άνεμος Mistral), κοίτες ποταμών (κατά μήκος της κοιλάδας του Αξιού πνέει ο Βαρδάρης) ή υψηλές ακτές (όπως οι Δαλματικές ακτές της Κροατίας, κατά μήκος των οποίων πνέει ο άνεμος Bora).

Ένα ιδιότυπο είδος τοπικού ανέμου είναι ο *καταβατικός άνεμος*. Η αρχή δημιουργίας του είναι παρόμοια με της αύρας των βουνών, δηλαδή δημιουργείται από την προς τα κάτω, κατά μήκος πλαγιάς, κίνηση του ψυχρού αέρα. Εμφανίζεται σε ακτές που συνορεύουν με χιονισμένα βουνά, όπου η ψύξη είναι ταχύτατη και το φαινόμενο ιδιαίτερα έντονο, πράγμα που δημιουργεί κινδύνους σε αγκυροβολημένα πλοία και μικρά σκάφη που παραπλέουν εκείνες τις ακτές. Αντίθετα με την αύρα των βουνών εμφανίζεται και την ημέρα.

Ο *άνεμος Fohn* εμφανίζεται στις υπήνεμες πλαγιές των βουνών και οφείλεται στην κάθοδο του αέρα, ο οποίος "προσκρούει" στην προσήνεμη πλευρά και κινείται ανοδικά. Επειδή κατά την άνοδό του ο αέρας εκτονώνεται και ψύχεται αρκετά, ώστε να δώσει νέφωση ή και βροχή στην προσήνεμη πλευρά, η υγροποίηση των υδρατμών του αποδίνει τη λανθάνουσα θερμότητά τους[15]. Όταν κινείται καθοδικά, οπότε θερμαίνεται (αδιαβατική συμπίεση), αποκτά μεγαλύτερη θερμοκρασία από εκείνη που είχε όταν άρχισε την άνοδο, έχει όμως λιγότερους υδρατμούς. Είναι λοιπόν θερμός και ξηρός.



Εικόνα 39: Ο μηχανισμός της θαλάσσιας (επάνω) και της απογείου αύρας (κάτω).

Οι τοπικοί άνεμοι μπορούν να επηρεάσουν τη ναυτιλία με διάφορους τρόπους, ή δημιουργώντας προβλήματα στον πλού του πλοίου, ή κάνοντας κάποια λιμάνια η αγκυροβόλια επισφαλή και ακατάλληλα για φόρτωση, εκφόρτωση ή ανεφοδιασμό των πλοίων. Οι πλοηγοί της Υδρογραφικής Υπηρεσίας, αλλά και του Βρετανικού Ναυαρχείου, όπως και άλλες αντίστοιχες εκδόσεις, αναφέρονται πάντοτε στα τοπικά καιρικά φαινόμενα και τους τοπικούς ανέμους κάθε περιοχής.

[15] *Έχουμε δει τις διαδικασίες αδιαβατικής εκτόνωσης και τη σημασία της λανθάνουσας θερμότητας σε προηγούμενο κεφάλαιο.*

Περίληψη

• Άνεμος ονομάζεται η ροή του αέρα πάνω από την επιφάνεια της Γης. Οφείλεται στη ροή του αέρα ανάμεσα σε δύο περιοχές διαφορετικής πίεσης. Η ροή του αέρα γίνεται από τις υψηλότερες προς τις χαμηλότερες πιέσεις. Ο όρος άνεμος αναφέρεται πάντοτε σε οριζόντιες μετακινήσεις του ατμοσφαιρικού αέρα. Για τις κατακόρυφες μετακινήσεις χρησιμοποιούνται οι όροι *ανοδικά και καθοδικά ρεύματα*.

• Η Διεύθυνση Ανέμου: είναι το σημείο του Ορίζοντα από όπου πνέει ο άνεμος. Η ’Ενταση Ανέμου εκφράζεται ή από την ταχύτητα του ανέμου, ή από την πίεση που ασκεί στην επιφάνεια διαφόρων σωμάτων.

• Οι δυνάμεις που ρυθμίζουν την κίνηση του ανέμου είναι η δύναμη βαροβαθμίδας, η δύναμη Coriolis, η τριβή, και σε ορισμένες περιπτώσεις η φυγόκεντρος.

• Η δύναμη βαροβαθμίδας οφείλεται στη διαφορά πίεσεων ανάμεσα σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές και είναι η αιτία που δημιουργούνται οι άνεμοι.

• Η δύναμη Coriolis οφείλεται στην περιστροφή της Γης. Στο Βόρειο Ημισφαίριο εκτρέπει τον άνεμο προς τα δεξιά, στο Νότιο προς τα αριστερά, σε σχέση με την κατεύθυνση που θα είχε, άν δεν ασκείτο η δύναμη αυτή.

• Η δύναμη της τριβής εμφανίζεται σε δύο περιπτώσεις: όταν ο ατμοσφαιρικός αέρας, στην κίνησή του, έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια της Γης, και όταν συνεχόμενα στρώματα ατμοσφαιρικού αέρα κινούνται με διαφορετικές ταχύτητες. Είναι αντίθετη προς την κίνηση του ανέμου και εξαρτάται από την τραχύτητα του εδάφους και την ταχύτητα του ανέμου.

• Ο άνεμος, στον οποίο ισχύει η συνθήκη ισορροπίας, όπου η δύναμη βαροβαθμίδας και η δύναμη Coriolis είναι ίσες και αντίθετες ονομάζεται γεωστροφικός άνεμος. Για να συμβαίνει αυτό, ο γεωστροφικός άνεμος κινείται παράλληλα στις Ισοβαρείς με τις υψηλές πιέσεις στα δεξιά στο Βόρειο Ημισφαίριο και στα αριστερά στο Νότιο.

• Ο άνεμος που προκύπτει, όταν αλληλοαντισταθμίζονται η δύναμη βαροβαθμίδας, η δύναμη Coriolis και η φυγόκεντρος, είναι ο άνεμος βαροβαθμίδας. Ο άνεμος βαροβαθμίδας κινείται και αυτός παράλληλα προς τις Ισοβαρείς, με τις υψηλές πιέσεις στα δεξιά στο Βόρειο Ημισφαίριο και στα αριστερά στο Νότιο.

• Ο άνεμος κινείται παράλληλα προς τις Ισοβαρείς, με τις υψηλές πιέσεις στα δεξιά στο Βόρειο Ημισφαίριο, και στα Αριστερά στο Νότιο, άν αγνοήσουμε την τριβή (για ύψη πάνω από 450 μέτρα).

• Κοντά στην επιφάνεια και σε ύψη κάτω από τα 450 μέτρα, ο άνεμος δεν φυσά παράλληλα στις Ισοβαρείς πλέον, αλλά εξαιτίας της τριβής σχηματίζει γωνία με αυτές. Σε μέσα γεωγραφικά πλάτη, η γωνία αυτή είναι περίπου 40-50 μοίρες, σε σχέση με την οριζόντια βαροβαθμίδα, πάνω από ξηρά και περίπου 80 μοίρες πάνω από τη θάλασσα. Επιπλέον, η ένταση του ανέμου στην επιφάνεια μειώνεται εξαιτίας της τριβής, σε σχέση με τον αντίστοιχο γεωστροφικό ή τον άνεμο βαροβαθμίδας.

• Αν συνυπολογίσουμε και την τριβή, στις υφέσεις ο άνεμος συγκλίνει προς το κέντρο, Στους αντικυκλώνες αποκλίνει.

• Ο νόμος του Buys-Ballot μας λέει ότι: "Αν στραφούμε στη διεύθυνση του ανέμου, οι υψηλές πιέσεις βρίσκονται εμπρός και αριστερά μας, οι χαμηλές πίσω και δεξιά, στο Βόρειο Ημισφαίριο. Στο Νότιο τα πράγματα αντιστρέφονται"

• Η διεύθυνση του ανέμου μετριέται με τον ανεμοδείκτη, η ένταση με το ανεμόμετρο.

• Η διαίρεση του ορίζοντα σε 16 διευθύνσεις ανέμων (ανά 22,5 μοίρες) λέγεται ανεμολόγιο. Οι κύριοι άνεμοι είναι οι: Βορράς, Μέσης, Απηλιώτης, Εύρος, Νότος, Λιψ, Ζέφυρος, Σκίρων από διευθύνσεις 000°, 045°, 090°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315° αντίστοιχα.

• Ο φαινόμενος άνεμος είναι ίσος με τον αληθή άνεμο συν τον άνεμο λόγω κίνησης πλοίου (δηλαδή ένα διάνυσμα με ταχύτητα ίση με την ταχύτητα του πλοίου και κατεύθυνση αντίθετη της πορείας).

• Η ηλιακή ενέργεια θερμαίνει την επιφάνεια της Γης. Η επιφάνεια, με τη σειρά της, θερμαίνει την ατμόσφαιρα. Όσο πλησιέστερα στην κατακόρυφο πέφτουν οι ηλιακές ακτίνες, τόσο περισσότερη ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας δίνουν. Το αποτέλεσμα είναι ο Ισημερινός να προσλαμβάνει περισσότερη ενέργεια από όση αποβάλλει. Αντίθετα, οι Πόλοι αποβάλλουν περισσότερη ενέργεια από όση προσλαμβάνουν.

• Ο μηχανισμός ανταλλαγής θερμότητας, ανάμεσα στις διάφορες γεωγραφικές περιοχές, βασίζεται σε ατμοσφαιρικές κινήσεις και αντλεί την ενέργειά του

από τις διαφορές θερμοκρασίας. Ο μηχανισμός αυτός είναι η "Γενική Ατμοσφαιρική Κυκλοφορία" (ή πλανητικό σύστημα των ανέμων). Κατά δεύτερο λόγο, η ανταλλαγή θερμότητας πραγματοποιείται και από τις κινήσεις των νερών των ωκεανών.

- Η κίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα ανάμεσα σε γεωγραφικές περιοχές διαφορετικής θερμοκρασίας ερμηνεύεται ως εξής: Σε ίδιο ύψος ο ψυχρός αέρας, επειδή έχει μεγαλύτερη πίεση, θα κινηθεί προς το θερμό που έχει χαμηλότερη. Ο θερμός αέρας, όταν εκτοπίζεται από τον ψυχρό και επειδή έχει μικρότερη πυκνότητα, έχει την τάση να ανεβαίνει προς τα επάνω.

- Η Γενική Ατμοσφαιρική Κυκλοφορία επηρεάζεται επιπλέον από την περιστροφή της Γης, τη γεωγραφική κατανομή ξηράς-θάλασσας και την αλλαγή της θέσης του ήλιου. Ως αποτέλεσμα αυτών των επιδράσεων δημιουργούνται εναλλάξ ζώνες υψηλών και χαμηλών πιέσεων. Ο Ισημερινός είναι ζώνη χαμηλών πιέσεων (Ζώνη Ισημερινών Νηνεμιών). Σε μέσα πλάτη (30°), εκατέρωθεν του Ισημερινού, έχουμε τις υποτροπικές ζώνες υψηλών πιέσεων. Σε μεγαλύτερα ακόμη πλάτη (60°) έχουμε τις Ζώνες Χαμηλών Πιέσεων Ανωτέρων Γεωγραφικών Πλατών και περί τους Πόλους έχουμε τις υψηλές πιέσεις του πολικού αντικυκλώνα.

- Αποτέλεσμα αυτής της κατανομής πιέσεων είναι οι κινήσεις των γενικών ανέμων, οι οποίες μπορούν να διαιρεθούν στο *σύστημα των Αληγών Ανέμων*, στο *σύστημα των Δυτικών Ανέμων* και στο *σύστημα των Πολικών Ανέμων*. Τα συστήματα δεν είναι ανεξάρτητα, αλλά επικοινωνούν, κυρίως με το σχηματισμό μεγάλων βαρομετρικών συστημάτων (υφέσεων και αντικυκλώνων) στα όριά τους.

- Από τις υποτροπικές ζώνες υψηλών πιέσεων προς τις χαμηλές πιέσεις της ζώνης Ισημερινής νηνεμίας φυσούν οι *Αληγείς 'Ανεμοι*. Στα ανώτερα ατμοσφαιρικά στρώματα υπάρχουν οι *Ανταληγείς* άνεμοι, που πνέουν αντίθετα από τους αληγείς. Στο Βόρειο Ημισφαίριο, οι αληγείς έχουν κατεύθυνση Βορειο-Ανατολική και στο Νότιο Ημισφαίριο Νοτιο-Ανατολική. Αυτό οφείλεται στην εκτροπή λόγω των δυνάμεων Coriolis.

- Ανάμεσα στις Ζώνες Χαμηλών Πιέσεων Ανωτέρων Γεωγραφικών Πλατών και τις υψηλές πιέσεις των υποτροπικών πνέουν οι *Επικρατούντες Δυτικοί 'Ανεμοι*[16]. Αυτοί, πολύ συχνά, είναι θυελλώδεις και ονομάζονται και *μυκώμενοι άνεμοι*[17].

- Από τις περιοχές του πολικού αντικυκλώνα οι άνεμοι έχουν γενικά ανατολική κατεύθυνση.

- Η εναλλασσομένη θέρμανση-ψύξη ξηράς και γειτονικής θαλάσσιας περιοχής δημιουργεί περιοδικούς ανέμους. Αυτοί, άλλοτε εξαρτώνται από εποχικές μεταβολές της θερμότητας που δίνει ο ήλιος σε συγκεκριμένη περιοχή (Εποχικοί 'Ανεμοι) και άλλοτε από ημερήσιες μεταβολές (Ημερήσιοι 'Ανεμοι).

- Οι τοπικοί άνεμοι επικρατούν σε ορισμένες μόνον περιοχές του κόσμου, εξαιτίας ειδικών τοπογραφικών χαρακτηριστικών, που μπορούν να κατευθύνουν τη ροή του ανέμου σε συνδυασμό με ειδικές καιρικές καταστάσεις (για παράδειγμα κατά μήκος της κοιλάδας του Αξιού πνέει ο Βαρδάρης). Οι τοπικοί άνεμοι, μπορούν να επηρεάσουν τη ναυτιλία και γι΄ αυτό το λόγο οι πλοηγοί (Υδρογραφικής Υπηρεσίας, Βρεταννικού Ναυαρχείου κτλ.) αναφέρονται πάντοτε στα τοπικά καιρικά φαινόμενα και τους τοπικούς ανέμους κάθε περιοχής.

- Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, οι θάλασσες είναι θερμότερες (τα υπερκείμενα ατμοσφαιρικά στρώματα εμφανίζουν χαμηλότερες πιέσεις) από τις ξηρές, ενώ κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού συμβαίνει το αντίστροφο. Αυτές οι εποχικές διαφορές πιέσεων είναι και η αιτία των εποχικών ανέμων από τους οποίους κυριώτεροι είναι οι μουσώνες. Εμφανίζονται σε τμήματα των ωκεανών κοντά σε μεγάλες ηπείρους και φυσούν το καλοκαίρι από τον ωκεανό προς την ήπειρο και το χειμώνα αντίστροφα.

- Η θαλάσσια και η απόγειος αύρα οφείλονται στη διαφορά της θερμοκρασίας ανάμεσα σε θάλασσα και ξηρά, που παρατηρείται στη διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου. Πρωινές ώρες, ανάμεσα στις 09.00-11.00, η ξηρά είναι θερμότερη από τη θάλασσα και ο θαλάσσιος αέρας κινείται προς την ξηρά, εκτοπίζοντας το θερμότερο αραιότερο αέρα πάνω από την ξηρά (*θαλάσσια αύρα*). Το απόγευμα, όταν οι θερμοκρασίες έχουν σχεδόν γίνει ίσες η αύρα αυτή παύει. Αργότερα, μετά τη δύση του ήλιου, η ξηρά ψύχεται γρηγορότερα από τη θάλασσα, ο αέρας πάνω από

[16] *Westerlies*

[17] *Roaring Forties (διότι εμφανίζονται συνήθως σε πλάτος 40^0).*

αυτήν κινείται προς τη θάλασσα εκτοπίζοντας, με την σειρά του, το θερμότερο και αραιότερο θαλάσσιο αέρα. Αυτή είναι η *απόγειος αύρα*, που σταματά γύρω στην ανατολή του ήλιου.

- Αύρες σχηματίζονται και στην ξηρά. Την ημέρα, οι κοιλάδες θερμαίνονται εντονότερα και ο θερμός αέρας κινείται ανοδικά στις πλαγιές (αύρα κοιλάδων) των γύρω βουνών, τη νύχτα, ο ψυχρότερος αέρας των βουνών κινείται καθοδικά προς τις κοιλάδες (αύρα των βουνών).

- Ο *καταβατικός άνεμος* δημιουργείται από την προς τα κάτω, κατά μήκος πλαγιάς, κίνηση του ψυχρού αέρα. Εμφανίζεται σε ακτές που συνορεύουν με χιονισμένα βουνά, όπου η ψύξη είναι ταχυτάτη και το φαινόμενο ιδιαίτερα έντονο .

- Ο *άνεμος Fohn* εμφανίζεται στις υπήνεμες πλαγιές των βουνών και οφείλεται στην κάθοδο του αέρα, ο οποίος "προσκρούει" στην προσήνεμη πλευρά και κινείται ανοδικά. Επειδή κατά την άνοδό του ο αέρας ψύχεται αρκετά, ώστε να δώσει νέφωση ή και βροχή στην προσήνεμη πλευρά, η υγροποίηση των υδρατμών του αποδίδει τη λανθάνουσα θερμότητά τους. 'Οταν κινείται καθοδικά, οπότε θερμαίνεται, αποκτά μεγαλύτερη θερμοκρασία από εκείνη που είχε όταν άρχισε την άνοδο, έχει όμως λιγότερους υδρατμούς. Είναι λοιπόν θερμός και ξηρός.

Ερωτήσεις Επαναληψης

- Τι είναι άνεμος και τι τον προκαλεί; Σε τι διαφέρει από τα ρεύματα; Ποιά είναι τα χαρακτηριστικά του; Μπορείτε να περιγράψετε καθένα από αυτά;
- Μπορείτε να δώσετε, σε μοίρες, τη διεύθυνση καθενός από τους 16 ανέμους του ανεμολογίου;
- Ποιες είναι οι δυνάμεις που ρυθμίζουν την κίνηση των Ανέμων;
- Σε τι οφείλεται η Δύναμη Βαροβαθμίδας;
- Σε τι οφείλεται η Δύναμη Coriolis;
- Από τι εξαρτάται η τριβή; Πώς επιδρά στα χαρακτηριστικά του ανέμου; Πώς κινείται ο άνεμος στις υφέσεις και τους αντικυκλώνες, αν αγνοήσουμε την τριβή, και πώς άν την λάβουμε υπόψη;
- Μπορείτε να εξηγήσετε, πώς κινείται ο γεωστροφικός άνεμος;
- Μπορείτε να εξηγήσετε τον άνεμο βαροβαθμίδας;
- Μπορείτε να διατυπώσετε το νόμο του Buys-Ballot για το Βόρειο Ημισφαίριο; Για το Νότιο;
- Μπορείτε να δώσετε παράδειγμα, χρησιμοποιώντας σχήμα της σχέσης αληθούς ανέμου, φαινόμενου ανέμου και πορείας-ταχύτητας του πλοίου;
- Από πού αντλεί ενέργεια ο μηχανισμός της "*Γενικής Ατμοσφαιρικής Κυκλοφορίας*"; Από τι προκαλείται και σε τι χρησιμεύει;
- Ποιός άλλος μηχανισμός διευκολύνει την ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσα σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές;
- Μπορείτε να εξηγησετε πώς κινείται ο αέρας ανάμεσα σε περιοχές με διαφορετική θερμοκρασία;
- Αν αγνοήσουμε την περιστροφή της Γης, τη γεωγραφική κατανομή ξηράς-θάλασσας και την αλλαγή της θέσης του ήλιου, πώς κινείται ο ατμοσφαιρικός αέρας ανάμεσα στον Ισημερινό και τους Πόλους; Μπορείτε να περιγράψετε πώς έχει εφαρμογή, στην περίπτωση αυτή, ο μηχανισμός της προηγούμενης ερώτησης;
- Μπορείτε να χαράξετε, σε σχήμα, την κατανομή των ζωνών υψηλών και χαμηλών πιέσεων στην επιφάνεια της Γης; Μπορείτε να προσθέσετε στο σχήμα τις διευθύνσεις των ανέμων που προκαλούνται από την κατανομή αυτή;
- Μπορείτε να δώσετε μια σύντομη ερμηνεία της δημιουργίας και της διεύθυνσης των Αληγών; (Καλό είναι να κάνετε μια επανάληψη στο προηγούμενο κεφάλαιο, που αφορά τους ανέμους, διότι εκεί βρίσκονται και εξηγούνται οι μηχανισμοί που δημιουργούν και επηρεάζουν τον Ανεμο).
- Μπορείτε να δώσετε μια σύντομη ερμηνεία του συστήματος Αληγών και Ανταληγών ανέμων, με βάση τους μηχανισμούς που περιγράφονται στην αρχη του κεφαλαίου;
- Μπορείτε να εξηγήσετε το μηχανισμό δημιουργίας

των "*Επικρατούντων Δυτικών Ανέμων*", με βάση την κατανομή των ζωνών πίεσης;

- Σε τι οφείλονται οι τοπικοί άνεμοι και πού μπορεί ο ναυτικός να βρεί πληροφορίες για τους τοπικούς ανέμους της περιοχής που τον ενδιαφέρει;
- Μπορείτε να δώσετε μία σύντομη περιγραφή για το πώς δημιουργούνται οι Μουσώνες;
- Μπορείτε να δώσετε μία σύντομη περιγραφή για το πώς δημιουργούνται οι Ετησίες (Μελτέμια);
- Μπορείτε να δώσετε μία σύντομη περιγραφή για το πώς δημιουργούνται οι Αύρες (Θαλάσσια-Απόγειος);
- Τι είναι ο καταβατικός άνεμος;
- Τι είναι ό άνεμος Fohn; Σε τι διαφέρει από τον καταβατικό άνεμο;

Ασκήσεις-Εργασίες

- Πλοίο κινείται με πορεία 150^0 και ταχύτητα 17 κόμβων. Η ένδειξη ανεμόμετρου είναι: Άνεμος από 190^0 με ταχύτητα 15 κόμβων. Ζητείται ο αληθής άνεμος με δύο τρόπους (Από τον πίνακα, και με γραφική παράσταση σε αβάκιο). Εκφράστε το αποτέλεσμα για την ένταση σε κλίμακα BEAUFORT. Πώς θα γράφατε το αποτέλεσμα του υπολογισμού σας στο ημερολόγιο γέφυρας, χρησιμοποιώντας τα αρχικά της διεύθυνσης του ανεμολογίου; (Επιλέγουμε τη διεύθυνση που είναι η πλησιέστερη στη διεύθυνση σε μοίρες που υπολογίζουμε).
- Πλοίο κινείται με πορεία 270^0 και ταχύτητα 14.5 κόμβων. Ο φαινόμενος άνεμος είναι από 310^0 με ταχύτητα 20 κόμβων. Ζητείται ο αληθής άνεμος με δύο τρόπους (Από τον πίνακα, και με γραφική παράσταση σε αβάκιο). Εκφράστε το αποτέλεσμα για την ένταση σε κλίμακα BEAUFORT. Πώς θα γράφατε το αποτέλεσμα του υπολογισμού σας στο ημερολόγιο γέφυρας, χρησιμοποιώντας τα αρχικά της διεύθυνσης του ανεμολογίου; (Επιλέγουμε τη διεύθυνση που είναι η πλησιέστερη στη διεύθυνση σε μοίρες που υπολογίζουμε).
- Πλοίο κινείται με πορεία 270^0 και ταχύτητα 10 κόμβων. Ο φαινόμενος άνεμος είναι από 260^0 με ταχύτητα 30 κόμβων. Ζητείται ο αληθής άνεμος με δύο τρόπους (Από τον πίνακα, και με γραφική παράσταση σε αβάκιο). Εκφράστε το αποτέλεσμα για την ένταση σε κλίμακα BEAUFORT. Πώς θα γράφατε το αποτέλεσμα του υπολογισμού σας στο ημερολόγιο γέφυρας, χρησιμοποιώντας τα αρχικά της διεύθυνσης του ανεμολογίου; (Επιλέγουμε τη διεύθυνση που είναι η πλησιέστερη στη διεύθυνση σε μοίρες που υπολογίζουμε).

Το Νερό στην Ατμόσφαιρα της Γης

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθουμε:

ΝΕΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ	ΟΡΟΛΟΓΙΑ
Η σημασία του Νερού στην Ατμόσφαιρα	
Πώς η ατμόσφαιρα εμπλουτίζεται σε Υδρατμούς-Εξάτμιση	*Εξάτμιση (Evaporation), Υγροποίηση (Condensation), Κύκλος του Νερού στην Ατμόσφαιρα*
Πώς μετριέται η ποσότητα των Υδρατμών στην Ατμόσφαιρα	*Κορεσμένος Αέρας (Saturated Air), Ακόρεστος Αέρας, Σημείο Κορεσμού, Σχετική Υγρασία (Relative Humidity), Απόλυτη Υγρασία (Absolute Humidity), Σημείο Δρόσου (dew point), Τάση Υδρατμών (vapor pressure)*
Όργανα Μέτρησης Υγρασίας	*Θερμοκρασία Ξηρού-Υγρού (dry-wet bulb thermometer), Υγρόμετρο, Ψυχρόμετρο (psychrometer)*
Υγροποίηση Υδρατμών στην Ατμόσφαιρα	*Ξηρά Αδιαβατική Θερμοβαθμίδα, Υγρά Αδιαβατική Θερμοβαθμίδα*
Ο σχηματισμός και τα είδη των Νεφών	*Υψηλά, Μεσαία (Μέσα), Χαμηλά Νέφη, Στρωματόμορφα (stratiform) και Σωρειτόμορφα (cumuliform) Νέφη, Σωρειτόμορφα Νέφη περιορισμένων ανοδικών κινήσεων. Κατακόρυφες Αναπτύξεις, Νέφη κατακόρυφου Αναπτύξεως, Νέφη ανοδικών ρευμάτων*
Πώς υπολογίζουμε το ύψος των σωρειτομόρφων νεφών απο τη σχετική υγρασία και το σημείο δρόσου.	*Θύσανοι (cirrus), θυσανοσωρείτες (cirrocumulus), θυσανοστρώματα (cirrostratus). Υψοσωρείτες (altocumulus), Υψοστρώματα (altostratus), Στρώματα (stratus), Στρωματοσωρείτες (stratocumulus), Σωρειτομελανίες (Nimbostratus), Σωρείτες (cumulus), Σωρειτομελανίες, (cumulonimbus), Νέφωση (Cloud Coverage), Καιρός Αίθριος (Clear), Σχεδόν Αίθριος (Few), Λίγο Νεφελώδης (Scattered), Νεφελώδης (Broken), Νεφοσκεπής (Overcast)*
Ομίχλη-Αχλύς--Πώς Σχηματίζεται-Πρόγνωση στη θάλασσα	*Ομίχλη (Fog), Αχλύς (mist) Ξηρά Αχλύς (haze), Ορατότητα (visibility) Ομίχλη Ακτινοβολίας (radiation Fog), Ομίχλη Ανάμιξης (Frontal Fog), Ομίχλη Οριζόντιας Μεταφοράς ή Ομίχλη Θάλασσας (Advection or Sea Fog), Θαλάσσιος ή Αρκτικός Καπνός (Arctic Sea Smoke), Ατμοσφαιρικά*

Βροχή- Κατηγορίες Βροχών- Χιόνι, Χιονόλυτο, Χαλάζι	*Κατακρημνίσματα, Υετός (Precipitation)*
Καταιγίδες-πώς σχηματίζονται	*Στάδιο Σωρείτου ή Ανάπτυξης Καταιγίδας, Ώριμο Στάδιο, Στάδιο Διάλυσης Καταιγίδας ή Στάδιο του Άκμονα*

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζουμε την παρουσία του νερού (σε μορφή υδρατμών, σταγονιδίων ή και παγοκρυστάλλων) στην ατμόσφαιρα. Η παρουσία του νερού (και των υδρατμών) επηρεάζει έντονα τις μετεωρολογικές διεργασίες, διότι εξαιτίας της μεγάλης θερμοχωρητικότητάς του και της λανθάνουσας θερμότητας (όπως είδαμε στο κεφάλαιο "**Θερμοκρασία του Αέρα**") το νερό αποτελεί μία μεγάλη "*αποθήκη θερμότητας (και ενέργειας επομένως*") που κάτω από κατάλληλες συνθήκες μπορεί να δοθεί στην αέρια μάζα που το περιέχει, προκαλώντας σημαντικές μεταβολές. Με βάση τις φυσικές διεργασίες που θα μάθουμε, θα μπορούμε να εκτιμούμε πότε περιμένουμε σχηματισμό ομίχλης, πότε βροχή και πότε χιόνι ή χαλάζι. Σε επόμενα κεφάλαια θα δούμε πόσο σημαντική είναι η υγρασία στη συμπεριφορά των αερίων μαζών. Στο κεφάλαιο αυτό θα δούμε την εφαρμογή αυτών που μάθαμε στο Κεφάλαιο "**Θερμοκρασία του Αέρα**", όσον αφορά στην αδιαβατική συμπίεση και εκτόνωση και την κατακόρυφη θερμοβαθμίδα

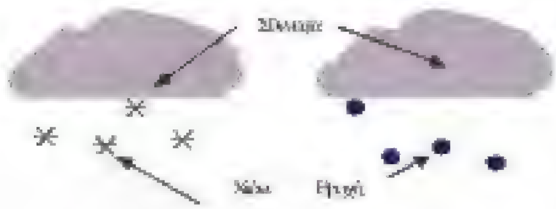
Μορφές του Νερού στην Ατμόσφαιρα

Το νερό συναντάται σε τρεις μορφές στερεά, υγρή και αέρια (Εικόνα 40) στη φύση. Στην ατμόσφαιρα, και οι τρεις αυτές μορφές παίρνουν μέρος στις μετεωρολογικές διεργασίες (Εικόνα 41) και η παρουσία τους είναι πολύ σημαντική στα μετεωρολογικά φαινόμενα. Όπως είδαμε στο κεφάλαιο "**Θερμοκρασία του Αέρα**", οι διαδικασίες προς τα δεξιά της εικόνας 40 (Πήξη, Συμπύκνωση, Εξάχνωση) καταναλώνουν ενέργεια (Λανθάνουσα Θερμότητα). Οι διαδικασίες προς τα αριστερά (Τήξη, Υγροποίηση, Στερεοποίηση) αποδίνουν Λανθάνουσα Θερμότητα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα: το κρύο είναι εντονότερο όταν λιώνουν τα χιόνια, ενώ όταν χιονίζει είναι λιγότερο (μαλακώνει).

Στην υγρή μορφή του το νερό συναντάται στη βροχή και σε ορισμένες κατηγορίες σύννεφων. Στη στερεά μορφή, εμφανίζεται ως χιόνι, χαλάζι, πάγος, παγοκρύσταλλοι (σε άλλα είδη σύννεφων). Στην αέρια μορφή είναι αόρατο σε μορφή υδρατμών στη ατμόσφαιρα.



Εικόνα 40: Οι τρεις Μορφές του Νερού. Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain



Εικόνα 41: Οι τρεις μορφές του Νερού στην Ατμόσφαιρα. Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences University of Illinois, Urbana-Champain.

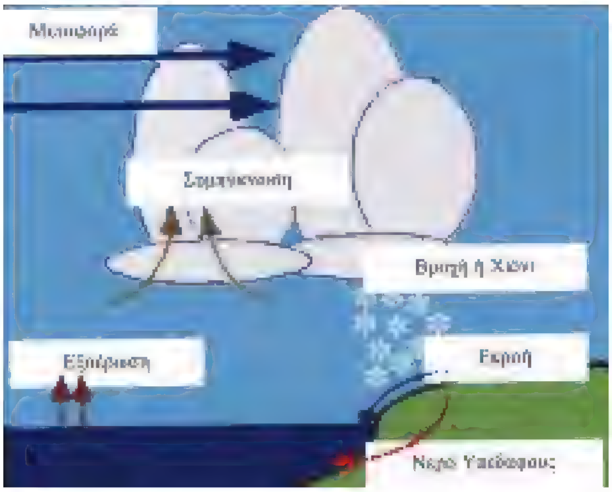
Εξάτμιση-Κύκλος του Νερού στη Ατμόσφαιρα

Όπως είδαμε παραπάνω, το νερό εξατμίζεται και με τη μορφή υδρατμών στον αέρα ανυψώνεται από την επιφάνεια της Γης. Η αιτία της εξάτμισης είναι η θερμοκρασία του ήλιου, η οποία παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια στη διαδικασία αυτή.

Η ταχύτητα εξάτμισης εξαρτάται από τη θερμοκρασία, το μέγεθος της ελεύθερης επιφάνειας και αν φυσά αέρας που να απομακρύνει τους υδρατμούς που σχηματίζονται, ώστε τη θέση τους να πάρουν άλλοι.

Η εντονότερη εξάτμιση εμφανίζεται επάνω από μεγάλες και σχετικά θερμές, επιφάνειες νερού. Οι υδρα-

τμοί της ατμόσφαιρας, συμπυκνώνονται στα νέφη, τα οποία δίνουν βροχή, χαλάζι, χιόνι κτλ. (τα νέφη και οι υδρατμοί μεταφέρονται και σε άλλες περιοχές της επιφάνειας της Γης από τους ανέμους), επιστρέφοντας το νερό στην επιφάνεια της ξηράς και της θάλασσας, από όπου το νερό καταλήγει σε μεγάλες συγκεντρώσεις (θάλασσες, λίμνες, ποταμούς) και ξαναμπαίνει στην ατμόσφαιρα με εξάτμιση. Αυτός είναι ο κύκλος του νερού στην ατμόσφαιρα (Εικόνα 42).



Εικόνα 42: Ο κύκλος του Νερού στην Ατμόσφαιρα. Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain.

Υγρασία του Αέρα-Μεγέθη Μέτρησης Υγρασίας.

Το ποσό των υδρατμών στην ατμόσφαιρα μετριέται από την υγρασία. Στο σημείο αυτό σημειώνουμε ότι υπάρχει περιορισμός στην ποσότητα υδρατμών που μπορούν να περιέχονται σε δεδομένη μάζα αέρα. Στην περίπτωση που οι υδρατμοί στον αέρα ξεπεράσουν αυτό το όριο που λέγεται *σημείο κορεσμού*, αρχίζει η υγροποίηση[18]. Ο αέρας του οποίου η υγρασία φθάνει στο σημείο κορεσμού είναι *κορεσμένος* και δεν μπορεί να συμπεριλάβει άλλους υδρατμούς. Αντίθετα, μέχρι η περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς να φθάσει το σημείο κορεσμού, ο αέρας μπορεί να δεχθεί ακόμη υδρατμούς και λέγεται *ακόρεστος*. Η μέγιστη περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς μέχρι σημείου κορεσμού εξαρτάται από τη θερμοκρασία.

Παρακάτω δίνουμε ορισμούς της υγρασίας:

Απόλυτη Υγρασία: Είναι ο λόγος της μάζας των υδρατμών δια τον όγκο αέρα που τους περιέχει. Μετριέται σε γραμμάρια (υδρατμού) ανά κυβικό μέτρο (Αέρα) (gr/m^3). Η μέγιστη απόλυτη υγρασία που μπορεί να φθάσει μάζα αέρα εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Όταν επιτυγχάνεται η μέγιστη απόλυτη υγρασία, ο αέρας ονομάζεται κορεσμένος.

Σχετική Υγρασία: Είναι ο λόγος της μάζας των υδρατμών που περιέχονται σε δεδομένο όγκο αέρα προς τη μάζα των υδρατμών που θα υπήρχε αν ο αέρας αυτός ήταν κορεσμένος στην ίδια θερμοκρασία. Η σχετική υγρασία, λοιπόν, εκφράζεται σε ποσοστό επί τοις εκατό (%). Είναι εύκολο να συμπεράνει κανείς από τον ορισμό, ότι ο κορεσμένος αέρας έχει σχετική υγρασία 100%.

Από τα παραπάνω είναι εύκολο να καταλάβουμε ότι μία μάζα αέρα δεν διατηρεί πάντοτε την ίδια υγρασία, αλλά επηρεάζεται πολύ από τις μεταβολές της θερμοκρασίας. Μπορούμε, ψύχοντας τη μάζα αυτή, να αυξήσουμε τη σχετική υγρασία της, μέχρις ότου φθάσει να

Θερμοκρασία	Σχετική Υγρασία					
30,00 C^0	16%	24%	31%	45%	57%	100%
20,00 C^0	28%	42%	54%	79%	100%	-
16,10 C^0	36%	43%	69%	100%	-	-
10,00 C^0	52%	77%	100%	-	-	-
06,10 C^0	67%	100%	-	-	-	-
00,00 C^0	100%	-	-	-	-	-
-	4.85	7.27	9.41	13.65	7.31	30.4
-	Απόλυτη Υγρασία σε gr/m^3					

Πίνακας 9: Πίνακας Σχετικής και Απόλυτης Υγρασίας

[18] *Ένα σχεδόν καθημερινό παράδειγμα κορεσμένου αέρα είναι ο αέρας του μπάνιου μετά το λουτρό, όπου ο αέρας έχει κορεσθεί από υδρατμούς και η συμπύκνωση ξεκινά, συνήθως, θολώνοντας τον καθρέφτη.*

γίνει κορεσμένη. Η θερμοκρασία στην οποία πρέπει να ψυχθεί ο αέρας, υπό σταθερή πίεση, μέχρι να γίνει κορεσμένος από την ποσότητα υδρατμών που περιέχει λέγεται σημείο *δρόσου*. Προφανώς, η απόλυτη υγρασία μένει σταθερή, μέχρι το σημείο που αρχίζει η υγροποίηση, οπότε μέρος της υγρασίας εγκαταλείπει τη μάζα αέρα.

Στον πίνακα (Πίνακας 9), βλέπουμε πώς μεταβάλλεται η σχετική υγρασία σε σχέση με τη θερμοκρασία για σταθερή περιεκτικότητα υδρατμών (δηλαδή σταθερή απόλυτη υγρασία). Από τον ίδιο πίνακα μπορούμε να βρούμε σημείο δρόσου για δεδομένη υγρασία. Αυτό ισούται με τη θερμοκρασία που αντιστοιχεί σε σχετική υγρασία 100%.

Τον υγρό αέρα μπορούμε να τον θεωρήσουμε ως ένα μίγμα που περιέχει τα αέρια, που είδαμε στα αρχικά κεφάλαια για την ατμόσφαιρα και υδρατμούς. Από τη φυσική ξέρουμε πως η ολική πίεση μίγματος είναι το άθροισμα των πιέσεων των συστατικών που λέγονται και *μερικές πιέσεις*. Η μερική πίεση των υδρατμών ονομάζεται *τάση υδρατμών*.

Υγροποίηση Υδρατμών στην Ατμόσφαιρα.

Η υγροποίηση των υδρατμών στην ατμόσφαιρα είναι η διαδικασία κατά την οποία ο υδρατμός συμπυκνώνεται και από αέριο επιστρέφει στην κατάσταση νερού ή και, μερικές φορές, πάγου. Αυτό κυρίως συμβαίνει εξαιτίας της ψύξης του αέρα που έχει ως αποτέλεσμα οι υδρατμοί που περιέχει να εγκαταλείπουν σταδιακά την αέρια κατάσταση και να υγροποιούνται ή και να στερεοποιούνται.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι ψύξης του αέρα:

- *Ανάμιξη με αέρα μικρότερης θερμοκρασίας.*
- *Ψύξη με ακτινοβολία ή με επαφή σε ψυχρή επιφάνεια*
- *Αδιαβατική Εκτόνωση*

Στην αδιαβατική εκτόνωση θα επεκταθούμε κάπως, διότι είναι και η σημαντικότερη διαδικασία ψύξης που συναντάται. Όπως είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, *η κατακόρυφη αδιαβατική θερμοβαθμίδα* ορίζεται ως η μεταβολή θερμοκρασίας μιας μάζας αέρα, καθώς ανεβαίνει στην ατμόσφαιρα. Επειδή η πίεση μειώνεται με το ύψος, μία ανερχομένη μάζα υφίσταται εκτόνωση και κατά συνέπεια ψύχεται. Ο αέρας, όταν εξαναγκασθεί σε ανύψωση (εκτόνωση), ψύχεται με ρυθμό περίπου 10°/1000m (*Ξηρά αδιαβατική θερμοβαθμίδα*), όταν δεν είναι κορεσμένος. Ο Κορεσμένος αέρας αντίθετα ψύχεται με ρυθμό μόνο 6°/1000m περίπου (*Υγρά αδιαβατική θερμοβαθμίδα*[19]), διότι μέρος από την υγρασία του μετατρέπεται σε υγρή μορφή, καθώς ψύχεται και αποδίνει τη λανθάνουσα θερμότητα εξαέρωσης[20] πίσω στον αέρα.

Κλείνοντας την παράγραφο αυτή, θα αναφέρουμε και την περίπτωση όπου η υγροποίηση δεν συμβαίνει εξαιτίας ψύξης. Στην περίπτωση αυτή ψυχρός αέρας κινείται πάνω από σημαντικά θερμότερη θαλάσσια επιφάνεια, οπότε οι υδρατμοί από την εξάτμιση συμπυκνώνονται σχεδόν αμέσως.

Όργανα Μέτρησης Υγρασίας

Η υγρασία μετριέται με τα *υγρόμετρα*. Η πιο συνηθισμένη κατηγορία που θα συναντήσουμε στα πλοία, όταν ταξιδεύουμε, είναι τα *ψυχρόμετρα* (Εικόνα 43). Αυτά αποτελούνται από δύο κοινά θερμόμετρα στην ίδια βάση. Το ένα από αυτά (Θερμόμετρο υγρού) έχει το δοχείο υδράργυρου σκεπασμένο από ένα λεπτό ύφασμα που μουσκεύει σε μία μικρή δεξαμενή νερού. Η σχετική υγρασία υπολογίζεται από τη διαφορά θερμοκρασίας των δύο θερμομέτρων (Θερμοκρασία ξηρού μείον θερμοκρασία υγρού) και τη θερμοκρασία ξηρού.

Η λειτουργία του ψυχρόμετρου βασίζεται στην παρακάτω αρχή: Η εξάτμιση του νερού στο θερμόμετρο υγρού αφαιρεί θερμότητα (τη λανθάνουσα θερμότητα εξαέρωσης συγκεκριμένα) απο το δοχείο υδράργυρου του θερμόμετρου υγρού, οπότε και η θερμοκρασία υγρού θα είναι μικρότερη από την ένδειξη του θερμόμετρου ξηρού, που είναι και η πραγματική θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα. Όταν η υγρασία στην ατμόσφαιρα είναι μεγάλη, τότε η εξάτμιση είναι αργή και η ψύξη του θερμόμετρου υγρού μικρή. Μικρή θα είναι αντίστοιχα και η διαφορά θερμοκρασίας των δύο θερμομέτρων (Θερμοκρασία ξηρού μείον θερμοκρασία υγρού). Σε κορεσμένο μάλιστα ατμοσφαιρικό αέρα (σχετική υγρασία 100%) η εξάτμιση σταματά και η διαφορά μηδενίζεται. Αντίθετα, όταν η υγρασία στον αέρα είναι μικρή, η εξάτμιση είναι γρήγορη και η διαφορά των ενδείξεων ξηρού-υγρού σημαντική.

[19] *Στην πραγματικότητα ονομάζεται ψευδοαδιαβατική θερμοβαθμίδα, διότι το σύστημα (η μάζα αέρα) κερδίζει τη λανθάνουσα θερμότητα των υδρατμών που υγροποιούνται.*

[20] *Είδαμε τη λανθάνουσα θερμότητα εξαέρωσης στο Κεφάλαιο "**Θερμοκρασία του Αέρα**".*



Εικόνα 43: Ψυχρόμετρο

Στην πράξη, η σχετική υγρασία και η θερμοκρασία δρόσου υπολογίζονται από τους πίνακες Bodwitch[21], με στοιχεία εισόδου τη διαφορά θερμοκρασίας ξηρού-υγρού (οριζόντια) και τη θερμοκρασία ξηρού (κάθετα). Στο παράδειγμα που ακολουθεί (Πίνακας 10, Πίνακας 11), τα στοιχεία είναι από τους πίνακες Bodwitch.

Νέφη, Νέφωση, Είδη Νεφών

Γενικά

Τα σύννεφα αποτελούνται από συγκεντρώσεις σταγονιδίων νερού (υδροσταγονιδίων) ή παγοκρυστάλλων και σχηματίζονται από την υγροποίηση των υδρατμών που περιέχονται στον ατμοσφαιρικό αέρα.

Το μέγεθος των υδροσταγονιδίων ποικίλλει, ανάλογα με την κατηγορία και τον τύπο του νέφους. Γενικά, μια σταγόνα νερού με διάμετρο ένα εκατοστό μπορεί να ισοδυναμεί με 300000 έως 1000000 υδροσταγονίδια.

Το σχήμα, οι διαστάσεις και η μορφή των διαφόρων ειδών νεφών εξαρτώνται από τις συνθήκες, κάτω από τις οποιες σχηματίσθηκαν. Αυτό σημαίνει ότι τα είδη των σύννεφων που παρατηρούνται, συνδέονται άμεσα με τις μετεωρολογικές διεργασίες που συμβαίνουν κατά την περίοδο παρατήρησης. Με αυτό τον τρόπο, οι μορφές των νεφών που παρατηρούμε, είναι πολύτιμα στοιχεία πρόγνωσης του καιρού. Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζονται οι διάφοροι τύποι νεφών.

Υψηλά Νέφη

Τα υψηλά νέφη έχουν τη βάση τους πάνω από τα 18000 πόδια (5500 μέτρα), το μέγιστο ύψος τους είναι περί τα 50000 πόδια (15000 μέτρα) και αποτελούνται, στο σύ-

Θερμ. Ξηρού	Διαφορά Θερμοκρασίας Ξηρού - Υγρου σε βαθμούς Farenheit									
	1	3	5	10	15	20	25	30	35	40
-20	07%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-10	37%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
00	56%	07%	-	-	-	-	-	-	-	-
10	69%	30%	11%	-	-	-	-	-	-	-
20	79%	51%	37%	-	-	-	-	-	-	-
30	88%	66%	56%	02%	-	-	-	-	-	-
40	92%	76%	68%	22%	-	-	-	-	-	-
50	93%	80%	74%	38%	10%	-	-	-	-	-
60	94%	83%	78%	48%	26%	05%	-	-	-	-
70	95%	86%	81%	55%	36%	19%	03%	-	-	-
80	96%	87%	83%	61%	44%	29%	15%	05%	-	-
90	96%	89%	85%	65%	50%	36%	24%	15%	03%	-
100	96%	90%	86%	68%	54%	42%	31%	23%	12%	04%

Πίνακας 10: Υπολογισμός Σχετικής Υγρασίας απο τις ενδείξεις του ψυχρομέτρου (από τους Πίνακες Bodwitch).

[21] *Οι πίνακες Bowitch χρησιμοποιούν θερμοκρασία σε βαθμούς Farenheit, οπότε χρειάζεται μετατροπή μονάδων.*

Θερμ. Ξηρού	Διαφορά Θερμοκρασίας Ξηρού-Υγρού σε βαθμούς Farenheit									
	1	3	5	10	15	20	25	30	35	40
-20	-52	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-10	-29	-	-	-	-	-	-	-	-	-
00	-12	-49	-	-	-	-	-	-	-	-
10	+02	-15	-	-	-	-	-	-	-	-
20	+15	+05	-	-	-	-	-	-	-	-
30	+27	+16	+11	-47	-	-	-	-	-	-
40	+38	+33	+27	+04	-	-	-	-	-	-
50	+48	+44	+40	+25	-03	-	-	-	-	-
60	+58	+55	+51	+40	+25	-11	-	-	-	-
70	+69	+66	+62	+53	+42	+26	-14	-	-	-
80	+79	+76	+73	+65	+56	+45	+28	-10	-	-
90	+89	+86	+84	+76	+69	+60	+48	+33	000	-
100	99	96	94	87	80	73	64	53	38	21

Πίνακας 11: Υπολογισμός Σημείου Δρόσου (σε βαθμούς Farenheit) απο τις ενδείξεις του ψυχρομέτρου (από τους Πίνακες Bodwitch).

νολό τους σχεδόν, από κρυστάλλους πάγου. Τέτοιου είδους σύννεφα είναι οι Θύσανοι (Ci, Cirrus, Εικόνα 44), θυσανοσωρείτες (Cc, Cirrocumulus, Εικόνα 46) και τα θυσανοστρώματα (Cs, Cirrostratus, Εικόνα 45).



Εικόνα 44: Φωτογραφία θυσάνων από την ιστοσελίδα του τμήματος Μετεωρολογίας του κολεγίου Plymouth, New Hampshire. Στην πάνω αριστερή γωνία βλέπουμε το σύμβολο με το οποίο απεικονίζονται οι θύσανοι στους συνοπτικούς χάρτες καιρού.



Εικόνα 45: Φωτογραφία θυσανοστρωμάτων από την ιστοσελίδα του κολεγίου Plymouth, New Hampshire. Στην πάνω αριστερή γωνία, βλέπουμε το σύμβολο με το οποίο απεικονίζονται τα θυσανοστρώματα.



Εικόνα 46: Φωτογραφία θυσανοσωρειτών από την ιστοσελίδα του κολεγίου Plymouth, New Hampshire.

Μεσαία ή Μέσα Νέφη

Τα μέσα νέφη έχουν τη βάση τους από τα 7000-16000 πόδια (2000-5000 μέτρα), το μέγιστο ύψος τους 20000-22000 πόδια (6000-7000 μέτρα) και αποτελούνται κυρίως από σταγονίδια νερού. Τα υψηλότερα από αυτά όμως μπορεί να αποτελούνται και από παγοκρυστάλλους. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι Υψοσωρείτες (Ac, Altocumulus, Εικόνα 47) και τα Υψοστρώματα (As, Altostratus, Εικόνα 48).



Εικόνα 47: Φωτογραφία Υψισωρειτών από την ιστοσελίδα του κολεγίου Plymouth, New Hampshire.



Εικόνα 48: Φωτογραφία Υψοστρωμάτων από την ιστοσελίδα του κολεγίου Plymouth, New Hampshire.

Χαμηλά Νέφη

Τα χαμηλά ή κατώτερα νέφη έχουν ύψος που κυμαίνεται από 500-7000 πόδια (150-2000 μέτρα περίπου). Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα στρώματα (St, Stratus, Εικόνα 49), οι στρωματοσωρείτες (Sc, Stratocumulus, Εικόνα 50) και τα σωρειτομελανίες (Ns, Nimbostratus, Εικόνα 51).

Νέφη των ανοδικών ρευμάτων

Τα νέφη των ανοδικών ρευμάτων, όταν η κορυφή



Εικόνα 49: Φωτογραφία στρωμάτων από την ιστοσελίδα του κολεγίου Plymouth, New Hampshire.



Εικόνα 50: Φωτογραφία στρωματοσωρειτών από την ιστοσελίδα του κολεγίου Plymouth, New Hampshire.

τους δεν ξεπερνά τα 20000 πόδια, κατατάσσονται στα χαμηλά νέφη, διότι η βάση τους βρίσκεται σε ύψος 1500 περίπου ποδών (500 μέτρων) και ονομάζονται σωρείτες (Cu, Cumulus, Εικόνα 52). Αντίθετα, όταν η κορυφή τους ξεπερνά τα 20000 πόδια αποτελούν ξεχωριστή κατηγορία (Νέφη κατακόρυφου Αναπτύξεως) και ονομάζονται σωρειτομελανίες (Cb, Cumulonimbus, Εικόνα 53).

Οι σωρειτομελανίες είναι τα κατ΄ εξοχήν καταιγιδοφόρα νέφη, οι κορυφές τους φθάνουν τα 28000-36000



Εικόνα 51: Φωτογραφία στρωματομελανιών από την ιστοσελίδα του κολεγίου Plymouth, New Hampshire.



Εικόνα 52: Σωρείτες (ιστοσελίδα κολεγίου Plymouth, New Hampshire).



Εικόνα 53: Σωρειτομελανίες (ιστοσελίδα κολεγίου Plymouth, New Hampshire).

πόδια (9-12 χιλιόμετρα) στην Ελλάδα, ενώ στις τροπικές περιοχές φθάνουν τα 36000-55000 πόδια (12-18 χιλιόμετρα).

Κατάταξη Νεφών με βάση το μηχανισμό δημιουργίας τους

Τα σύννεφα σχηματίζονται από την υγροποίηση των υδρατμών που περιέχονται στον ατμοσφαιρικό αέρα, όπως είδαμε. Οι διάφορες μορφές νεφών δημιουργούνται εξαιτίας διαφορετικών μηχανισμών ψύξης και υγροποίησης των υδρατμών του αέρα.

Μπορούμε, λοιπόν, να χωρίσουμε τα σύννεφα σε κατηγορίες, ως προς το μηχανισμό δημιουργίας τους:

- **Στρωματόμορφα Νέφη:** Αυτά δημιουργούνται όταν ο αέρας ψύχεται με ακτινοβολία, ή όταν αναμιγνύεται με ψυχρότερο αέρα. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα στρώματα, Υψοστρώματα, θυσανοστρώματα και οι σωρειτομελανίες.

- **Σωρειτόμορφα Νέφη:** Αυτά δημιουργούνται όταν υπάρχει κατακόρυφη κίνηση του αέρα (ανοδικό ρεύμα) με αποτέλεσμα η ψύξη να γίνεται με αδιαβατική εκτόνωση. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι Σωρείτες, Σωρειτομελανίες.

- **Σωρειτόμορφα Νέφη περιορισμένων ανοδικών ρευμάτων:** Αυτή είναι ενδιάμεση κατηγορία. Και εδώ τα νέφη σχηματίζονται από αδιαβατική εκτόνωση, αλλά η κατακόρυφη κίνηση του αέρα είναι μικρής έκτασης. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι θυσανοσωρείτες, Υψοσωρείτες, Στρωματοσωρείτες, Θύσανοι.

Νέφωση

Νέφωση είναι το μέρος του ουράνιου θόλου που καλύπτεται από σύννεφα. Εκφράζεται σε όγδοα. Υπολογίζεται με προσωπική εκτίμηση του παρατηρητή που πρέπει νοερά να χωρίσει τον ουρανό σε όγδοα και να εκτιμήσει τη νέφωση. Η αντιστοιχία νέφωσης-εκτίμησης σε όγδοα είναι:

- *,Μηδέν Όγδοα αντιστοιχούν σε αίθριο καιρό (Clear)*
- *,Ένα έως δύο όγδοα αντιστοιχούν σε Σχεδόν Αίθριο Καιρό. (Few)*
- *Τρία έως τέσσερα όγδοα αντιστοιχούν σε Καιρό Λίγο Νεφελώδη (Scattered).*
- *Πέντε έως επτά όγδοα αντιστοιχούν σε*
- *Νεφελώδη καιρό (Broken).*
- *Οκτώ όγδοα σε Νεφοσκεπή (Overcast).*

Υπολογισμός Ύψους Βάσης Νεφών

Στη θάλασσα, τις περισσότερες φορές, ο υπολογισμός του ύψους βάσης νεφών γίνεται κατ' εκτίμηση. Αυτό δεν είναι πολύ εύκολο, ιδιαίτερα τη νύχτα. Στην περί-

πτωση των σωρειτομόρφων νεφών, όμως, αυτή η εκτίμηση μπορεί να γίνει από τις ενδείξεις του υγρόμετρου, όπως θα εξηγήσουμε σε επόμενη παράγραφο. Θα εφαρμόσουμε τις γνώσεις που αποκτήσαμε στα προηγούμενα υποκεφάλαια[22].

Είδαμε στην παράγραφο για την υγροποίηση του νερού, ότι όταν μία αέρια μάζα εκτονώνεται, ανεβαίνοντας στην ατμόσφαιρα, η θερμοκρασία της πέφτει με ρυθμό $10^0/1000$ μέτρα[23]. Δηλαδή περίπου 1 βαθμό Farenheit κάθε 200 πόδια. Είδαμε, επίσης, ότι αυτός ο μηχανισμός κατακόρυφης ανόδου και εκτόνωσης δημιουργεί τα σωρειτόμορφα νέφη. Η υγροποίηση αρχίζει όταν η θερμοκρασία, πέφτοντας, φθάσει στο σημείο δρόσου. Άρα, η διαφορά ανάμεσα στη θερμοκρασία επιφάνειας (ξηρού) και το σημείο δρόσου σε βαθμούς Farenheit επί 200, μας δίνει το ύψος βάσης των σωρειτομόρφων νεφών.

Ομίχλη και Αχλύς

Η *ομίχλη*, όπως και τα σύννεφα, αποτελείται από συγκεντρώσεις σταγονιδίων νερού. Σχηματίζεται όμως στην επιφάνεια της Γης.

Η παρουσία της ομίχλης επηρεάζει άμεσα την ορατότητα και για το λόγο αυτό και η σημασία της πρόγνωσής της στη ναυτιλία είναι μεγάλη.

Ορατότητα είναι η διαφάνεια του Ατμοσφαιρικού Αέρα κατά την οριζόντια έννοια. Μετριέται σε μέτρα ή υάρδες.

Η ομίχλη περιορίζει την ορατότητα σε αποστάσεις κάτω από τα 1000 μέτρα. Όταν η ορατότητα κυμαίνεται από 1000-2000 μέτρα, δεν χρησιμοποιείται ο όρος ομίχλη, αλλά ο όρος *αχλύς*. Μερικές φορές, όταν ο περιορισμός στην ορατότητα οφείλεται σε σωματίδια καπνού ή σκόνης κτλ. τότε χρησιμοποιείται ο όρος ξηρά αχλύς.

Είδη Ομίχλης-Πρόγνωση Ομίχλης στη θάλασσα

Ομίχλη Ακτινοβολίας

Το έδαφος, τη νύχτα κυρίως, αποβάλλει θερμότητα με τη γήινη ακτινοβολία[24] και ψύχεται, οπότε ο αέρας κοντά στην επιφάνεια ψύχεται εξ επαφής. Εάν ο αέρας στην επιφάνεια περιέχει υδρατμούς, αυτοί συμπυκνώνονται σε ομίχλη. Η *ομίχλη ακτινοβολίας* σχηματίζεται κυρίως στην ξηρά, αλλά μπορεί να μεταφερθεί από ε-



Εικόνα 54: Ομίχλη (ιστοσελίδα κολεγίου Plymouth, New Hampshire).

[22] *Συγκεκριμένα: Τον ορισμό του σημείου δρόσου και πώς υπολογίζεται αυτό, την αδιαβατική κατακόρυφη θερμοβαθμίδα, και το μηχανισμό σχηματισμού σωρειτομόρφων νεφών.*

[23] *Τόση είναι, περίπου η κατακόρυφη αδιαβατική θερμοβαθμίδα.*

[24] *'Οπως είδαμε στην παράγραφο "Θέρμανση του Αέρα πάνω από την ξηρά" του Κεφαλαίου "Θερμοκρασία του Αέρα" αυτή είναι η ψύξη με ακτινοβολία.*

λαφρό άνεμο στη θάλασσα (συνήθως σε αποστάσεις μέχρι 10 μίλια από την ακτή), ενώ ο ισχυρός άνεμος τη διαλύει.

Ομίχλη Ανάμιξης

Η ομίχλη αυτή εμφανίζεται, όταν αέριες μάζες έρχονται σε επαφή. Αν οι αέριες μάζες διαθέτουν αρκετή, συνολικά, υγρασία και η μία τουλάχιστον είναι αρκετά ψυχρή, ώστε να αρχίσει υγροποίηση, τότε σχηματίζεται ομίχλη. Στο επόμενο κεφάλαιο θα δούμε ότι ομίχλη ανάμιξης σχηματίζεται συχνά στα μέτωπα.

Ομίχλη Οριζόντιας Μεταφοράς ή Ομίχλη Θάλασσας

Αυτό το είδος ομίχλης σχηματίζεται όταν υγρός και σχετικά θερμός αέρας μεταφέρεται πάνω από ψυχρή επιφάνεια ξηράς ή θάλασσας. Πρέπει, βέβαια, η επιφάνεια αυτή να είναι τόσο ψυχρή, ώστε να μπορεί να ψύξει και τον αέρα και να ξεκινήσει η υγροποίηση. Αυτό το είδος ομίχλης συχνά συναντάται στις περιοχές των ψυχρών ωκεάνειων ρευμάτων.

Ομίχλη Εξάτμισης

Στην περίπτωση αυτή, πολύ ψυχρός αέρας κινείται πάνω από σχετικά θερμή θαλάσσια επιφάνεια και, με αυτό τον τρόπο, εμπλουτίζεται σε υδρατμούς σε σημείο, ώστε να αρχίσει σχηματισμός ομίχλης. Αυτή η ομίχλη ονομάζεται *θαλάσσιος καπνός*, ή *αρκτικός καπνός*.

Στους πλοηγούς (Pilots) και τις οδηγίες για ναυτιλλομένους αναφέρονται οι κυριότερες περιοχές και εποχές, όπου είναι δυνατό ένα πλοίο να συναντήσει ομίχλη.

Ατμοσφαιρικά Κατακρημνίσματα

Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα είναι οι διάφορες μορφές με τις οποίες το νερό (σε στερεά ή υγρή μορφή) πέφτει μέσα από την ατμόσφαιρα και φθάνει στην επιφάνεια της Γης.

Τα σπουδαιότερα είναι η βροχή, το χιόνι και το χαλάζι.

Βροχή

Η *βροχή* δημιουργείται όταν τα σταγονίδια (ή οι παγοκρύσταλλοι) απο τα οποία αποτελείται ένα νέφος, αρχίσουν να ενώνονται, οπότε εξαιτίας του μεγέθους τους δεν μπορούν να συγκρατηθούν και αρχίζουν να πέφτουν προς το έδαφος, παρασύροντας και άλλα σταγονίδια στη διαδρομή.

Η βροχή χαρακτηρίζεται ως *ασθενής, μέτρια, ισχυρή* και *ραγδαία*, ανάλογα με την έντασή της.

Τα στρωματόμορφα νέφη δίνουν συνήθως μεγάλης διάρκειας ασθενή ή μέτρια βροχή. Τα σωρειτόμορφα δίνουν ραγδαία βροχή μικρής διάρκειας.

Χαλάζι

Το χαλάζι σχηματίζεται όπως και η βροχή, αλλά οι σταγόνες που σχηματίζονται συναντούν ανοδικό ρεύμα αέρα χαμηλής θερμοκρασίας που περιέχει πυρήνες συμπυκνώσης (π.χ. κόκκους σκόνης) και στερεοποιούνται.

Χιόνι-Χιονόλυτο

Το χιόνι σχηματίζεται από συμπύκνωση των υδρατμών σε θερμοκρασία κατώτερη από το σημείο πήξης, οπότε οι χιονονιφάδες σχηματίζονται με μορφή κρυσταλλική. Αν στην πτώση του το χιόνι συναντήσει θερμό στρώμα αέρα, λιώνει και σχηματίζει το Χιονόλυτο.

Καταιγίδες

Οι καταιγίδες είναι βίαια ατμοσφαιρικά φαινόμενα (κακοκαιρία) που συνοδεύονται και από ηλεκτρικές εκκενώσεις (αστραπές και κεραυνούς, Εικόνα 55).

Οι καταιγίδες σχηματίζονται από απότομη άνοδο του ατμοσφαιρικού αέρα. Η εκτόνωση της ανόδου προκαλεί γρήγορη υγροποίηση και έντονα ηλεκτρικά φαινόμενα. Καταλαβαίνουμε, λοιπόν, απο την παρουσίαση αυτή ότι οι καταιγίδες δημιουργούνται με τις ίδιες διαδικασίες που δημιουργούνται τα σωρειτόμορφα νέφη. Στην πραγματικότητα τα σύννεφα των καταιγίδων είναι σωρείτες και κυρίως σωρειτομελανίες. Τα στάδια της καταιγίδας είναι τρία (Εικόνα 56) και αποτελούν τον κύκλο της ζωής της:

Στάδιο Σωρείτου ή Ανάπτυξης

Στο στάδιο αυτό, μία θερμή και υγρή αέρια μάζα, ελαφρότερη από τον περιβάλλοντα αέρα, αρχίζει άνοδο. Με την άνοδο αυτή εκτονώνεται, ψύχεται και αρχίζει η υγροποίηση των υδρατμών που περιέχει. Στο στάδιο αυτό αρχίζει ο σχηματισμός σωρειτομόρφου νέφους. Το στάδιο αυτό ολοκληρώνεται, όταν ο αέρας, έχοντας κατά την άνοδο αποβάλει το μεγαλύτερο μέρος των υδρατμών του, γίνεται ακόρεστος.

Ώριμο Στάδιο

Όταν το πάνω μέρος της μάζας αέρα εκτονωθεί και κρυώσει αρκετά, ώστε να μην μπορεί να ανέβει άλλο, αρχίζει το ώριμο στάδιο. Η υγροποίηση γίνεται πιο έντονη, με αποτέλεσμα οι σταγόνες που σχηματίζονται να αρχίσουν να πέφτουν προς το έδαφος δημιουργώντας καταρρακτώδεις βροχές, ηλεκτρικά φαινόμενα και έντονα ρεύματα αέρα με καθοδική κατεύθυνση, διότι οι σταγόνες της βροχής συμπαρασύρουν τον ψυ-



Εικόνα 55: Εικόνα καταιγίδας με ηλεκτρικές εκκενώσεις. Από την Ιστοσελίδα του University of Nebraska Lincoln

χρό αέρα προς τα κάτω. Το καθοδικό ρεύμα αέρα κινείται με μεγάλη ταχύτητα προς την επιφάνεια και εκδηλώνεται ως ριπή ανέμου 1-2 λεπτά πριν την έναρξη της βροχόπτωσης. Η κατεύθυνσή του είναι ακτινική, από το κέντρο της καταιγίδας και προς τα έξω.

Στάδιο Διάλυσης ή Στάδιο του Άκμονα

Το κάτω μέρος της αέριας μάζας συνεχίζει την άνοδό του, τροφοδοτώντας και διογκώνοντας την κορυφή του σωρείτη, οπότε και αυτός παίρνει το χαρακτηριστικό σχήμα αμονιού. Με το πέρασμα όμως του χρόνου, το απόθεμα υδρατμών της καταιγίδας εξαντλείται και τα καθοδικά ρεύματα του προηγούμενου σταδίου εμποδίζουν την τροφοδότησή της. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη σταδιακή διάλυση της καταιγίδας.

Περίληψη

- Οι τρεις μορφές του νερού, στερεά (χιόνι, πάγος, χαλάζι), υγρή (βροχή), και αέρια (υδρατμός) παίρνουν μέρος στις μετεωρολογικές διεργασίες και η παρουσία τους είναι σημαντική στα μετεωρολογικά φαινόμενα.

- Η παρουσία του νερού (και των υδρατμών) επηρεάζει έντονα τις μετεωρολογικές διεργασίες, διότι εξαιτίας της μεγάλης θερμοχωρητικότητάς του και της λανθάνουσας θερμότητας (όπως είδαμε στο κεφάλαιο "**Θερμοκρασία του Αέρα**") το νερό αποτελεί μία μεγάλη "αποθήκη θερμότητας (και ενέργειας επομένως)", που κάτω από κατάλληλες συνθήκες μπορεί να δοθεί στην αέρια μάζα που το περιέχει, προκαλώντας σημαντικές μεταβολές. Οι διαδικασίες πήξης, συμπύκνωσης, εξάχνωσης καταναλώνουν ενέργεια (Λανθάνουσα θερμότητα) ενώ οι τήξη, υγροποίηση, στερεοποίηση αποδίδουν λανθάνουσα θερμότητα.

- Το νερό εξατμίζεται και με τη μορφή υδρατμών στον αέρα ανυψώνεται από την επιφάνεια της Γης. Η ταχύτητα εξάτμισης εξαρτάται από τη θερμοκρασία, το μέγεθος της ελεύθερης επιφάνειας και αν φυσά αέρας που να απομακρύνει τους υδρατμούς που σχηματίζονται, ώστε τη θέση τους να πάρουν άλλοι. Η εντονότερη εξάτμιση εμφανίζεται επάνω από μεγάλες, και σχετικά θερμές, επιφάνειες νερού.

- Οι υδρατμοί της ατμόσφαιρας συμπυκνώνονται στα νέφη, τα οποία δίνουν βροχή, χαλάζι, χιόνι κτλ. (Τα νέφη και οι υδρατμοί μεταφέρονται και σε άλλες περιοχές της επιφάνειας της Γης από τους ανέμους), επιστρέφοντας στην επιφάνεια της ξηράς και της θάλασσας, το νερό το οποίο καταλήγει σε μεγάλες συγκεντρώσεις (θάλασσες, λίμνες, ποταμούς) και ξαναμπαίνει στην ατμόσφαιρα με εξάτμιση. Αυτός είναι ο κύκλος του νερού στην ατμόσφαιρα.

- Απόλυτη Υγρασία: Είναι ο λόγος της μάζας των υδρατμών δια τον όγκο αέρα που τους περιέχει. Μετριέται σε γραμμάρια (υδρατμού) ανά κυβικό μέτρο (Αέρα) (gr/m^3). Η μέγιστη απόλυτη υγρασία που μπορεί να φθάσει μάζα αέρα εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Όταν επιτυγχάνεται η μέγιστη απόλυτη υγρασία ο αέρας ονομάζεται κορεσμένος.

- Σχετική Υγρασία: Είναι ο λόγος της μάζας των υδρατμών που περιέχονται σε δεδομένο όγκο αέρα προς τη μάζα των υδρατμών που θα υπήρχε αν ο αέρας αυτός ήταν κορεσμένος στην ίδια θερμοκρασία. Η σχετική υγρασία, λοιπόν, εκφράζεται σε ποσοστό επί τοις εκατό (%). Είναι εύκολο να συμπεράνει κανείς, από τον ορισμό, ότι ο κορεσμένος αέρας έχει σχετική υγρασία 100%.

- Η θερμοκρασία στην οποίο πρέπει να ψυχθεί ο αέρας, υπό σταθερή πίεση, μέχρι να γίνει κορεσμένος από την ποσότητα υδρατμών που περιέχει λέγεται σημείο δρόσου.

- Η υγρασία μετριέται με το υγρόμετρο, το οποίο αποτελείται από δύο θερμόμετρα, ένα με ξηρή λεκάνη υδράργυρου και ένα με λεκάνη υδράργυρου να περιβάλλεται από υγρό ύφασμα. Με τη διαφορά θερμοκρασίας ξηρού-υγρού και τη θερμοκρασία ξηρού μπορούμε να βρούμε τη σχετική υγρασία και το σημείο δρόσου από τους πίνακες Bodwitch.

- Η κατακόρυφη αδιαβατική θερμοβαθμίδα ορίζεται ως η μεταβολή θερμοκρασίας μιας μάζας αέρα καθώς ανεβαίνει στην ατμόσφαιρα. Επειδή η πίεση μειώνεται με το ύψος μια ανερχομένη μάζα υφίσταται εκτόνωση και κατά συνέπεια ψύχεται. Ο μη κορεσμένος αέρας ψύχεται με ρυθμό 10°/1000m (Ξηρά αδιαβατική θερμοβαθμίδα), ενώ ο κορεσμένος αέρας αντίθετα ψύχεται με ρυθμό μόνο 6°/1000m (υγρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα), διότι μέρος από την υγρασία του μετατρέπεται σε υγρή μορφή καθώς ψύχεται και αποδίδει την λανθάνουσα θερμότητα εξαέρωσης πίσω στον αέρα

- Τα σύννεφα αποτελούνται από συγκεντρώσεις υδροσταγονιδίων (σταγόνα νερού με διάμετρο ένα εκατοστό ισοδυναμεί με 300000 έως 1000000 υδροσταγονίδια περίπου) ή παγοκρυστάλλων, και σχηματίζονται από την υγροποίηση των υδρατμών που περιέχονται στον ατμοσφαιρικό αέρα. Το σχήμα, οι διαστάσεις και η μορφή των διαφόρων ειδών νεφών εξαρτώνται από τις μετεωρολογικές διεργασίες που συμβαίνουν την περίοδο παρατήρησης και είναι, με αυτό τον τρόπο, βασικά στοιχεία πρόγνωσης του καιρού.

- Με κριτήριο το ύψος, τα νέφη κατατάσσονται σε ανώτερα (Θύσανοι, θυσανοστρώματα, θυσανοσωρείτες με ύψος βάσης πάνω από 5500 μέτρα), μέσα (Υψοσωρείτες, Υψοστρώματα με ύψος βάσης από 2000 έως 5000 μέτρα), χαμηλά (Στρώματα, Στρωματοσωρείτες και Σωρειτομελανίες με ύψος βάσης από 150 έως 2000 μέτρα) και νέφη ανοδικών ρευμάτων[25] (Σω-

[25] *Τα νέφη των ανοδικών ρευμάτων, λοιπόν, εμφανίζουν πολύ μεγάλη απόσταση από τη βάση στην κορυφή τους.*

ρείτες, 500 μέτρα βάση - 20000 μέτρα κορυφή και Σωρειτομελανίες από 500 μέτρα βάση - 30000 μέτρα κορυφή).

- Με κριτήριο το μηχανισμό συμπύκνωσης τα νέφη κατατάσσονται στις επόμενες κατηγορίες: **Στρωματόμορφα** που δημιουργούνται όταν ο αέρας ψύχεται με ακτινοβολία, ή όταν αναμιγνύεται με ψυχρότερο αέρα (στρώματα, Υψοστρώματα, θυσανοστρώματα και οι σωρειτομελανίες) και **Σωρειτόμορφα** που δημιουργούνται όταν υπάρχει κατακόρυφη κίνηση του αέρα (ανοδικό ρεύμα), με αποτέλεσμα η ψύξη να γίνεται με αδιαβατική εκτόνωση (Σωρείτες, Σωρειτομελανίες). Στην περίπτωση που η ανοδική κίνηση είναι μικρής έκτασης έχουμε ενδιάμεση κατηγορία που είναι τα **Σωρειτόμορφα Νέφη περιορισμένων ανοδικών ρευμάτων** (Θυσανοσωρείτες, Υψοσωρείτες, Στρωματοσωρείτες, Θύσανοι).

- Νέφωση είναι το μέρος του ουράνιου θόλου που καλύπτεται από σύννεφα. Υπολογίζεται σε όγδοα με προσωπική εκτίμηση του παρατηρητή. Οι χαρακτηρισμοί του καιρού από τη νέφωση είναι: Αίθριος (0/8). Σχεδόν Αίθριος (1/8-2/8), Λίγο Νεφελώδης (3/8-4/8), Νεφελώδης (5/8-7/8) και Νεφοσκεπής (8/8).

- Στη θάλασσα, τις περισσότερες φορές, ο υπολογισμός του ύψους βάσης νεφών γίνεται κατ' εκτίμηση. Στην περίπτωση των σωρειτόμορφων νεφών όμως, αυτή η εκτίμηση μπορεί να γίνει από τον υπολογισμό του σημείου δρόσου. Η υγροποίηση νέφους αρχίζει όταν η θερμοκρασία, πέφτοντας, φθάσει στο σημείο δρόσου. Η διαφορά ανάμεσα στη θερμοκρασία επιφάνειας (ξηρού) και το σημείο δρόσου σε βαθμούς Farenheit επί 200 (η κατακόρυφη αδιαβατική θερμοβαθμίδα είναι 1 βαθμός Farenheit ανά 200 πόδια περίπου) μας δίνει το ύψος βάσης των σωρειτομόρφων νεφών.

- Η ομίχλη αποτελείται από συγκεντρώσεις σταγονιδίων νερού όπως τα σύννεφα. Σχηματίζεται όμως στην επιφάνεια της Γης. Η ομίχλη περιορίζει την ορατότητα σε αποστάσεις κάτω από τα 1000 μέτρα. Όταν η ορατότητα κυμαίνεται από 1000-2000 μέτρα δεν χρησιμοποιείται ο όρος ομίχλη, αλλά αχλύς. Όταν ο περιορισμός στην ορατότητα οφείλεται σε σωματίδια καπνού ή σκόνης χρησιμοποιείται ο όρος ξηρά αχλύς.

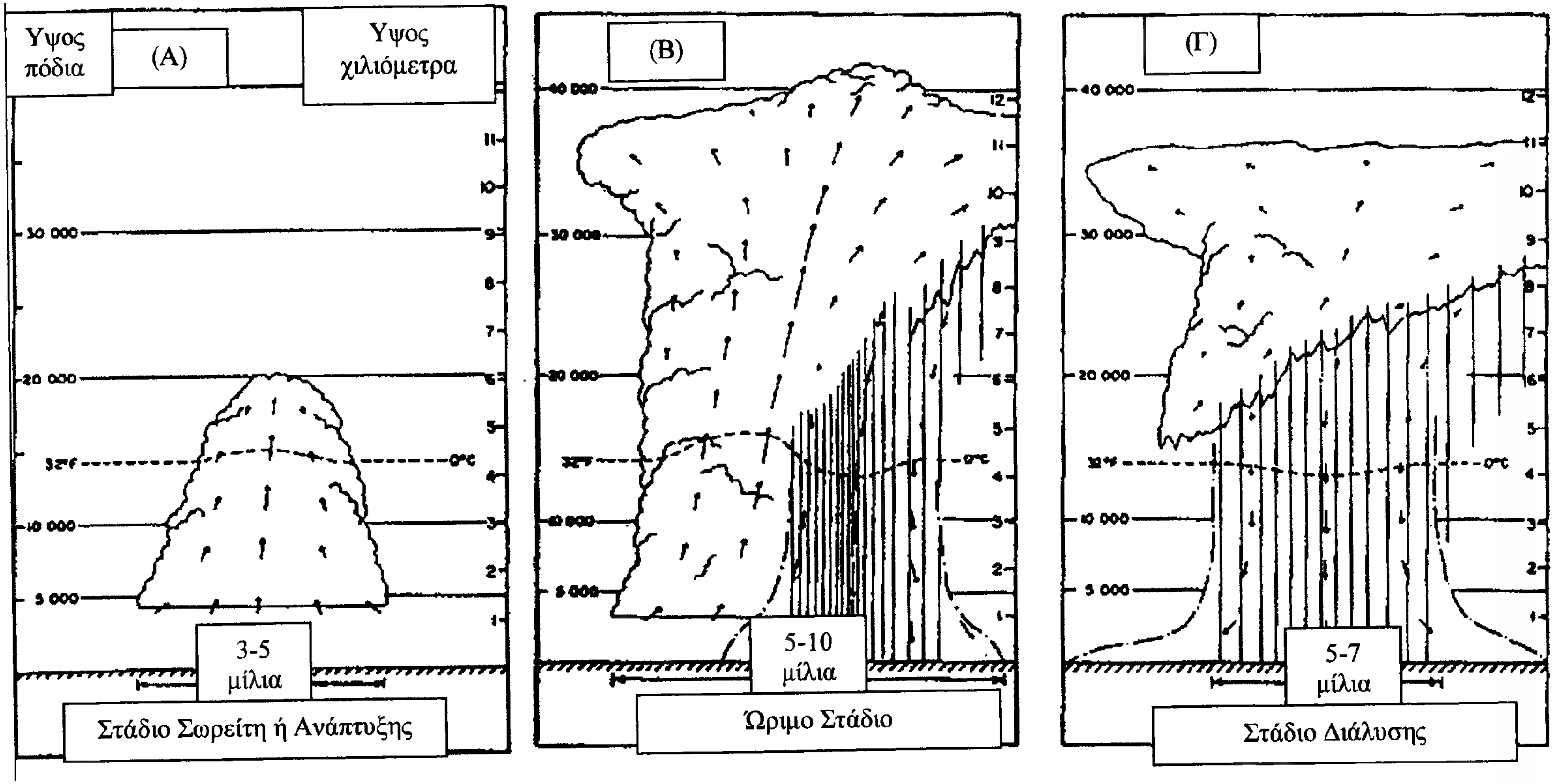
- Όταν το έδαφος ψύχεται, αποβάλλοντας θερμότητα με την γήινη ακτινοβολία, μπορεί στον αέρα που είναι σε επαφή με αυτό να σχηματισθεί ομίχλη ακτινοβολίας. Αυτή μπορεί να μεταφερθεί προς τη θάλασσα, αλλά σπάνια περισσότερο από 10 μίλια από την ακτή. Όταν δύο αέριες μάζες διαφορετικής θερμοκρασίας συναντώνται, μπορεί, αν η συνολική τους περιεκτικότητα σε υγρασία και η πτώση της θερμοκρασίας επαρκούν, να σχηματισθεί ομίχλη ανάμιξης. Η ομίχλη οριζόντιας μεταφοράς σχηματίζεται ή όταν θερμός και υγρός αέρας κινηθεί σε ψυχρή περιοχή ή όταν πολύ ψυχρός αέρας κινηθεί πάνω από σχετικά θερμή θαλάσσια επιφάνεια. Στη δεύτερη περίπτωση έχουμε το θαλάσσιο ή αρκτικό καπνό.

- Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα είναι οι διάφορες μορφές με τις οποίες το νερό (σε στερεά ή υγρή μορφή) πέφτει μέσα από την ατμόσφαιρα και φθάνει στην επιφάνεια της Γης (π.χ. η βροχή, το χιόνι και το χαλάζι).

- Η βροχή δημιουργείται όταν τα σταγονίδια (ή οι παγοκρύσταλλοι), απο τα οποία αποτελείται ένα νέφος, αρχίσουν να ενώνονται, οπότε εξαιτίας του μεγέθους τους δεν μπορούν να συγκρατηθούν και αρχίζουν να πέφτουν προς το έδαφος, παρασύροντας και άλλα σταγονίδια στη διαδρομή. Η βροχή χαρακτηρίζεται ως ασθενής, μέτρια, ισχυρή και ραγδαία, ανάλογα με την έντασή της. Τα στρωματόμορφα νέφη δίνουν συνήθως μεγάλης διάρκειας ασθενή ή μέτρια βροχή. Τα σωρειτόμορφα δίνουν ραγδαία βροχή μικρής διάρκειας. Το χαλάζι σχηματίζεται όπως και η βροχή, αλλά οι σταγόνες που σχηματίζονται συναντούν ανοδικό ρεύμα αέρα χαμηλής θερμοκρασίας που περιέχει πυρήνες συμπυκνώσης (π.χ. κόκκους σκόνης) και στερεοποιούνται.

- Το χιόνι σχηματίζεται από συμπύκνωση των υδρατμών σε θερμοκρασία κατώτερη από το σημείο πήξης, οπότε οι χιονονιφάδες σχηματίζονται με μορφή κρυσταλλική. Αν στην πτώση του το χιόνι συναντήσει θερμό στρώμα αέρα, λιώνει και σχηματίζει το Χιονόλυτο.

- Οι καταιγίδες είναι βίαια ατμοσφαιρικά φαινόμενα (κακοκαιρία) που συνοδεύονται και από ηλεκτρικές εκκενώσεις, που σχηματίζονται από απότομη άνοδο του ατμοσφαιρικού αέρα. Η εκτόνωση της ανόδου προκαλεί γρήγορη υγροποίηση και έντονα ηλεκτρικά φαινόμενα. Τα στάδια μιας καταιγίδας είναι: Το στάδιο του σωρείτη ή στάδιο ανάπτυξης, το ώριμο στάδιο και το στάδιο διάλυσης ή του άκμονα.



Εικόνα 56: Τα στάδια της καταιγίδας, από την Ιστοσελίδα του University of Nebraska, Lincoln. (α) Στάδιο σωρείτη (β) στάδιο πλήρους ανάπτυξης (γ) στάδιο διάλυσης.

Ερωτήσεις Επανάληψης

- Δώστε ένα παράδειγμα στερεάς, υγρής και αέριας μορφής του νερού που εμφανίζεται στη μελέτη των μετεωρολογικών φαινομένων.
- Γιατί ή παρουσία νερού και υδρατμών είναι σημαντική στη μετεωρολογία;
- Από τι εξαρτάται η ταχύτητα εξάτμισης;
- Μπορείτε να περιγράψετε τον κύκλο του νερού στην ατμόσφαιρα;
- Μπορείτε να δώσετε τον ορισμό απόλυτης και σχετικής υγρασίας του αέρα; Σε τι μονάδες μετράται καθεμία από αυτές;
- Μπορείτε να δώσετε τον ορισμό της θερμοκρασίας δρόσου;
- Μπορείτε να δώσετε μία σύντομη περιγραφή της αρχής λειτουργίας του υγρόμετρου;
- Κορεσμένος αέρας θερμαίνεται κάτω από σταθερή πίεση. Τι περιμένουμε να συμβεί;
- Τι είναι η υγροποίηση και πώς προκαλείται στον ατμοσφαιρικό αέρα;
- Ποιοι οι τρόποι ψύξης του ατμοσφαιρικού αέρα;
- Τι είναι η υγρά και τι η ξηρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα; Ποια είναι μικρότερη; (Εξηγείστε)
- Από τι αποτελούνται τα σύννεφα; Ποιες οι ομοιότητες και διαφορές τους από την ομίχλη;
- Ποια η διαφορά της ομίχλης από την αχλύ; Τι είναι η ξηρά αχλύς;
- Ποια τα είδη της ομίχλης και οι μηχανισμοί που δημιουργούν καθένα από αυτά; Παρατηρείτε κάποια διαφορά στον τρόπο σχηματισμού του θαλάσσιου καπνού, σε σχέση με ό,τι είδαμε μέχρι αυτή την στιγμή, για τους μηχανισμούς σχηματισμού νεφών και ομίχλης; Γράψτε μια παράγραφο.
- Πώς κατατάσσονται τα νέφη ανάλογα με το ύψος; Ποια είδη συναντώνται σε κάθε κατηγορία;
- Πώς κατατάσσονται τα νέφη, ανάλογα με το μηχανισμό δημιουργίας τους; Ποια είδη συναντώνται σε κάθε κατηγορία; Δώστε μια σύντομη παράγραφο σχετικά με το πώς δημιουργείται κάθε κατηγορία.
- Δώστε σύντομη περιγραφή (ίσως και σχήμα) του ουρανού σε δύο παραδείγματα, όπου η νέφωση είναι πέντε-όγδοα.
- Δώστε μία σύντομη περιγραφή της αρχής πάνω στην οποία βασίζεται ο υπολογισμός του ύψους βάσης νεφών για σωρειτόμορφα νέφη. Μπορείτε να δώσετε μία σύντομη εξήγηση γιατί η μέθοδος δεν εφαρμόζεται στα στρωματόμορφα νέφη;
- Τι λέγονται ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα; Δώστε δύο-τρία παραδείγματα.
- Δώστε μία σύντομη περιγραφή του τρόπου δημιουργίας της βροχής και του χαλαζιού. Ποιο είδος νεφών δίνει μεγάλης διάρκειας βροχή και ποιο σύντομη και ραγδαία;
- Δώστε μία σύντομη περιγραφή του τρόπου δημιουργίας του χιονιού και του χιονολύτου.
- Δώστε μία σύντομη περιγραφή για τα στάδια δημιουργίας μιας καταιγίδας.

Ασκήσεις-Εργασίες

- Χαράξτε την κλίμακα ύψους και σχεδιάστε τα είδη νεφών που παρατηρούνται σε κάθε περιοχή υψών. Τι παρατηρείτε για τα νέφη των ανοδικών ρευμάτων στο σχήμα σας;
- Φτιάξτε ένα πίνακα, που κατακόρυφα να έχει την κατάταξη των σύννεφων ως προς το ύψος και οριζόντια την κατάταξη ως προς το μηχανισμό δημιουργίας των και, τέλος, συμπληρώστε κάθε πεδίο του.
- Σε μία παρατήρησή σας, έχετε θερμοκρασία υγρού 77 Farenheight, ξηρού 80 Farenheight. Να βρείτε (απο τους πίνακες) την σχετική υγρασία και το σημείο δρόσου. Στον ορίζοντα βλέπετε σωρείτες, ποια η εκτίμηση σας για το ύψος της βάσης τους σε πόδια;

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθουμε:

ΝΕΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ	ΟΡΟΛΟΓΙΑ
Ποιες είναι οι κατηγορίες Αερίων Μαζών (Airmasses) και ποιες οι ιδιότητές τους.	*Οριζόντια (Γεωγραφική) ομοιογένεια Πηγές Αερίων Μαζών, Διαδρομή και Ηλικία Αερίων μαζών, Πολικές (Polar), Αρκτικές (Arctic) και Τροπικές (Tropical) Αέριες Μάζες, Ηπειρωτικές (Continental) και Θαλάσσιες (maritime) Αέριες Μάζες, Ευσταθείς και Ασταθείς Αέριες Μάζες*
Ποιες είναι οι Κατηγορίες Μετώπων, και οι καιρικές συνθήκες που συνδέονται με καθένα από αυτά	*Μέτωπο (Front), Μετωπική Επιφάνεια Θερμό Μέτωπο (Warm Front), Ψυχρό Μέτωπο (Cold Front), Στάσιμο Μέτωπο (stationary front), Συνεσφιγμένο Μέτωπο (occluded front) Θερμή-Ψυχρή Σύσφιξη, Γραμμή καταιγίδων (Squall Line)*
Υφέσεις-Αντικυκλώνες και καιρικές συνθήκες που προμηνύουν.	*Ύφεση (depression), θερμός τομέας της ύφεσης (warm sector), Αντικυκλώνας (anticyclone)*
Σίφωνες	*Σίφωνες (Tornadoes)*

Σε προηγούμενα κεφάλαια εξετάσαμε την υγρασία, τη θερμοκρασία και την πίεση στην ατμόσφαιρα. Κάποιες φορές μάλιστα αναφερθήκαμε σε μάζες αέρα η αέριες μάζες, χωρίς να επεκταθούμε σε λεπτομέρειες. Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθουμε πώς αλληλεπιδρούν οι αέριες μάζες (αέριες μάζες ονομάζουμε μεγάλα σώματα αέρα), μεταξύ τους. Θα εφαρμόσουμε τις γνώσεις στην πρόβλεψη του καιρού, γιατί ο καιρός είναι, κατά κύριο λόγο, αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων αερίων μαζών.

Αέριες Μάζες - Κατηγορίες Αερίων Μαζών

Υπάρχουν μεγάλες διαφορές στα φυσικά χαρακτηριστικά της γήινης επιφάνειας, από τόπο σε τόπο. Ο αέρας πάνω από κάθε γεωγραφική περιοχή έχει χαρακτηριστικά (θερμοκρασία υγρασία κτλ.) τυπικά της περιοχής αυτής και εφόσον τα χαρακτηριστικά αυτά δεν μεταβάλλονται πολύ μέσα στην περιοχή, αυτός ο αέρας ονομάζεται *αέρια μάζα*.

Αέρια μάζα είναι ένα τεράστιο σώμα αέρα[26], το οποίο παρουσιάζει *οριζόντια (γεωγραφική) ομοιογένεια* χαρακτηριστικών, ενώ υπάρχουν απότομες αλλαγές κατά μήκος των ορίων του. Αυτό σημαίνει ότι τα χαρακτηριστικά του, θερμοκρασία, υγρασία, και κατακόρυφη θερμοβαθμίδα δεν μεταβάλλονται στα γεωγραφικά όρια που χαρακτηρίζουν την αέριο μάζα.

Μία αέρια μάζα μπορεί να καλύπτει μεγάλο τμήμα ηπείρου ή ωκεανού. Η περιοχή, όπου αρχικά δημιουργείται μία αέρια μάζα, είναι η πηγή της και από αυτήν παίρνει τα βασικά χαρακτηριστικά της (Π.χ. μία αέρια μάζα που σχηματίζεται πάνω από θερμή θαλάσσια περιοχή είναι υγρή και θερμή (Εικόνα 58), μία αέρια μά-

[26] *Η διάμετρός του είναι περίπου 1000 μίλια.*



Εικόνα 57: Πολική Ηπειρωτική Αέρια μάζα που σχηματίζεται πάνω απο τον Κεντρικό Καναδά και τις ΗΠΑ και κινείται Νότιο Ανατολικά (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain)

ζα πάνω από ψυχρή ηπειρωτική περιοχή είναι ψυχρή και ξηρή (Εικόνα 57)).

Εκτός από την πηγή, μας ενδιαφέρουν η *διαδρομή* μιας αέριας μάζας, δηλαδή ο δρόμος που ακολουθεί από τη στιγμή που θα εγκαταλείψει την πηγή, και η *ηλικία*, δηλαδή ο χρόνος από τη στιγμή που άρχισε η μετακίνηση. Ο λόγος που ενδιαφέρουν τη μετεωρολογία η διαδρομή και η ηλικία είναι ότι από τις δύο αυτές παραμέτρους, εκτιμάται σε ποιο βαθμό έχουν μεταβληθεί τα χαρακτηριστικά μιας αέριας μάζας, αφότου άρχισε να κινείται. Ο βαθμός τροποίησης μιας αέριας μάζας που κινείται, εξαρτάται από τα παρακάτω:

- *Την ταχύτητα της Αέριας Μάζας, από την οποία εξαρτάται ο χρόνος που παραμένει σε συγκεκριμένη περιοχή.*
- *Από τη φύση της περιοχής από όπου περνά, δηλαδή τη μορφολογία του εδάφους.*
- *Από τη διαφορά θερμοκρασίας αέριας μάζας-εδάφους.*

Για παράδειγμα, μία αρχικά ξηρή αέρια μάζα μπορεί, περνώντας πάνω από τη θάλασσα για μερικές ημέρες, να εμπλουτισθεί με υδρατμούς και να γίνει υγρή. Πάντως η βασική κατάταξη των αερίων μαζών γίνεται ανάλογα με την πηγή τους.

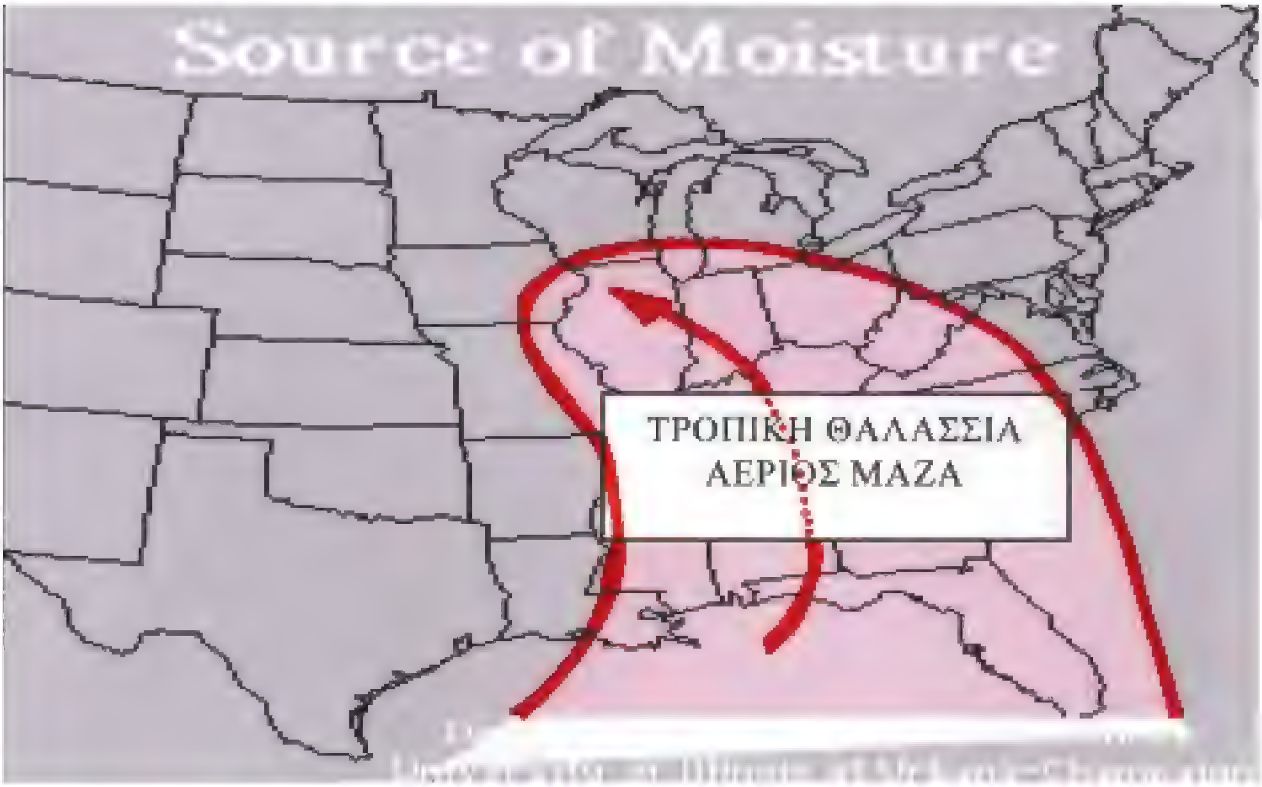
Για να σχηματισθεί μία αέρια μάζα, χρειάζεται ένα μεγάλο σώμα αέρα να μείνει σε μία γεωγραφική περιοχή για αρκετό χρόνο, ώστε να αποκτήσει τα χαρακτηριστικά της περιοχής. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να βρίσκεται σε περιοχή νηνεμιών σε σχέση με τη γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας. Παρατηρώντας στο κεφάλαιο "**Γενική Κυκλοφορία της Ατμόσφαιρας**" την Εικόνα 38, διαπιστώνουμε ότι υπάρχουν δύο ζώνες με αυτά τα χαρακτηριστικά. Η περιοχή των τροπικών νηνεμιών (μαζί με την υποτροπική ζώνη υψηλών πιέσεων) όπου σχηματίζονται οι *τροπικές αέριες μάζες (T)*, και η περιοχή των υψηλών γεωγραφικών πλατών, όπου σχηματίζονται οι *πολικές (P) και οι αρκτικές (A) αέριες μάζες*[27].

Μία αέρια μάζα μπορεί να σχηματισθεί ή πάνω από ξηρά οπότε χαρακτηρίζεται *ηπειρωτική (C)* ή πάνω από θάλασσα, οπότε χαρακτηρίζεται *θαλάσσια (M)*.

Έχουμε, λοιπόν, τις παρακάτω κατηγορίες αερίων μαζών με διαφορετικές ιδιότητες[28]:

- ***Τροπική θαλάσσια (MT):*** *Είναι θερμή και Υγρή*
- ***Τροπική Ηπειρωτική (CT):*** *Είναι Θερμή και Ξηρή*
- ***Πολική ή Αρκτική θαλάσσια (MP-MA):*** *Είναι Ψυχρή και σχετικά Υγρή*

[27] *Οι αρκτικές αέριες μάζες σχηματίζονται στις παγωμένες περιοχές των πόλων και συνήθως είναι πολύ ψυχρές.*
[28] *Δίπλα σε κάθε είδος, αναγράφεται και ο συμβολισμός με τον οποίο συναντάται στους μετεωρολογικούς χάρτες.*



Εικόνα 58: Τροπική Θαλάσσια Αέρια Μάζα που σχηματίζεται στον Κόλπο του Μεξικού και κινείται Βόρειο-Δυτικά (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois Urbana-Champain)

- ***Πολική ή Αρκτική Ηπειρωτική (CP-CA):*** *Είναι Ψυχρή και Ξηρή.*

Μία τελευταία υποδιαίρεση των αερίων μαζών είναι: σε θερμότερες από την επιφάνεια του εδάφους (W) και ψυχρότερες (K).

Τελικά, οι δυνατοί χαρακτηρισμοί μιας αέριας μάζας μπορεί να είναι MTW, MTC, CTW, CTK, MPW, MPC, ~~MAW~~, MAK, ~~CAW~~, CAK, CPW, CPK, όπου, όπως είδαμε παραπάνω, το πρώτο γράμμα εκφράζει αν η αέρια μάζα είναι ηπειρωτική ή θαλάσσια, το δεύτερο αν είναι πολική, αρκτική ή τροπική και το τρίτο αν είναι ψυχρότερη ή θερμότερη από το έδαφος. Οι Αρκτικές αέριες μάζες δεν εμφανίζονται θερμότερες από την επιφάνεια και γιαυτό έχουμε διαγράψει τους αντίστοιχους συμβολισμούς (MAW, CAW).

Ευσταθείς και Ασταθείς Αέριες Μάζες.

Στο σημείο αυτό θα ξαναθυμηθούμε ότι έχουμε μάθει στα κεφάλαια "**Θερμοκρασία του Αέρα**[29]" και "**Το Νερό στην Ατμόσφαιρα της Γης**[30]", και θα ορίσουμε, με τη βοήθειά τους, πότε ένα σώμα αέρα είναι *ασταθές* και πότε *ευσταθές*.

Ασταθής είναι μία αέρια μάζα όταν έχει την τάση να κινηθεί ανοδικά, ενώ *ευσταθής* όταν έχει την τάση να κινηθεί καθοδικά, οριζόντια ή καθόλου[31]. Παρακάτω θα δούμε τους μηχανισμούς κατακόρυφης κίνησης αναλυτικά.

Μία αέρια μάζα ανυψώνεται (δηλαδή είναι ασταθής), όσο η θερμοκρασία της είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του αέρα που την περιβάλλει, ενώ στην αντίθετη περίπτωση είναι ευσταθής. Επειδή η άνοδος σημαίνει αδιαβατική εκτόνωση και ψύξη, μία ασταθής αέρια μάζα πρέπει να ψύχεται, ανεβαίνοντας με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι πάντα θερμότερη από τον αέρα που την περιβάλλει. Αυτό σημαίνει ότι η αδιαβατική κατακόρυφη θερμοβαθμίδα[32] (δηλαδή ο ρυθμός που ψύχεται μία μάζα αέρα σε άνοδο) πρέπει να είναι

[29] *Συγκεκριμένα στην παράγραφο "**Κατακόρυφη Μεταβολή Θερμοκρασίας-Αναστροφές Θερμοκρασίας**"*
[30] *στην παράγραφο "**Συμπύκνωση Υδρατμών στην Ατμόσφαιρα**".*
[31] *Οποιαδήποτε κίνηση εκτός ανοδικής θεωρείται ευστάθεια.*
[32] *Ξηρή ή Υγρή ανάλογα με τις συνθήκες.*

μικρότερη από την κατακόρυφη θερμοβαθμίδα (που είναι ο ρυθμός που ψύχεται ο αέρας του περιβάλλοντος με το ύψος). Οι υγρές αέριες μάζες είναι ευκολότερο να βρεθούν σε συνθήκες αστάθειας από τις ξηρές, διότι όπως έχουμε ήδη δει, η υγρή κατακόρυφη αδιαβατική θερμοβαθμίδα είναι σημαντικά μικρότερη από την αντίστοιχη ξηρή[33]. Για να προσδιορίσουμε, λοιπόν, άν μία αέρια μάζα είναι ευσταθής ή ασταθής, πρέπει να ξέρουμε την υγρασία της, τη θερμοκρασία της και επίσης την κατακόρυφη θερμοβαθμίδα του αέρα που την περιβάλλει.

Υπάρχουν πάρα πολλά μετεωρολογικά φαινόμενα που δημιουργούνται από την παρουσία ασταθών αερίων μαζών. Έχουμε ήδη δει τα σωρειτόμορφα νέφη και έχουμε αναφέρει ότι δημιουργούνται από ανοδικές κινήσεις του αέρα, χωρίς ιδιαίτερη έμφαση στα αίτια. Στο σημείο αυτό προσθέτουμε ότι ένας από τους κύριους λόγους των ανοδικών ρευμάτων, που με τη σειρά τους δημιουργούν τα νέφη αυτά, είναι η παρουσία υγρών ασταθών μαζών[34]. Οι καταιγίδες δημιουργούνται και αυτές, σε πολλές περιπτώσεις, από αστάθειες εντονότερες από αυτές που δημιουργούν τα σωρειτόμορφα νέφη. Σε γενικές γραμμές, ο καιρός που συνοδεύει αστάθεια και ευστάθεια είναι αντίστοιχα:

- ***Ασταθής Αέρας:*** *Σωρειτόμορφα νέφη, έντονη βροχή, καλή ορατότητα εκτός των περιπτώσεων καταιγίδας, χιονοθύελλας ..κτλ.*
- ***Ευσταθής Αέρας:*** *Στρωματόμορφη Νέφωση, μέτρια βροχή μεγάλης διάρκειας, ομίχλη, μέτρια έως κακή ορατότητα.*

Μέτωπα- Είδη Μετώπων

Οι αέριες μάζες, στις κινήσεις τους μέσα στο σύστημα της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας, συχνά μετακινούνται σε περιοχές όπου ο αέρας έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά. Η διαδικασία αυτή δημιουργεί ζώνες διαχωρισμού ανάμεσα στις διαφορετικές αέριες μάζες που λέγονται *μετωπικές επιφάνειες*.

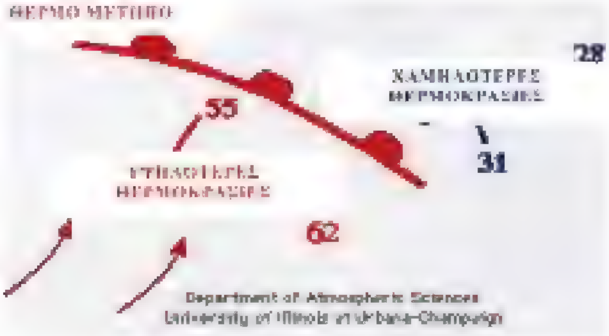
Μετωπική επιφάνεια είναι η διαχωριστική επιφάνεια ανάμεσα σε δύο διαφορετικές αέριες μάζες. Η γραμμή, κατά μήκος της οποίας η μετωπική επιφάνεια συναντά το οριζόντιο επίπεδο, λέγεται *μέτωπο*.

Αν οι αέριες μάζες που διαχωρίζονται από τη μετωπική επιφάνεια ήταν ακίνητες, τότε η επιφάνεια αυτή θα έπρεπε να είναι οριζόντια και η θερμότερη αέρια μάζα να βρίσκεται πάνω από την ψυχρότερη. Επειδή, αντίθετα, οι μάζες βρίσκονται σε κίνηση, ο πυκνότερος ψυχρός αέρας εισχωρεί κάτω από τον ελαφρότερο θερμό ως σφήνα και η μετωπική επιφάνεια έχει κλίση σε σχέση με την κατακόρυφο

Στις μετωπικές επιφάνειες, επειδή αέριες μάζες με διαφορετική θερμοκρασία και υγρασία έρχονται σε επαφή, σχηματίζεται συχνά ομίχλη ανάμιξης[36].

Θερμό Μέτωπο

Όταν σε ένα μέτωπο ο θερμός αέρας (η θερμότερη αέρια μάζα) ακολουθεί και προλαβαίνει τον ψυχρότερο, τότε το μέτωπο λέγεται θερμό. Ο θερμός αέρας ανέρχεται πάνω από τον προπορευόμενο ψυχρό (Εικόνα 60). Στους χάρτες, το μέτωπο φαίνεται να κινείται από τις υψηλότερες προς τις χαμηλότερες θερμοκρασίες (Εικόνα 59).



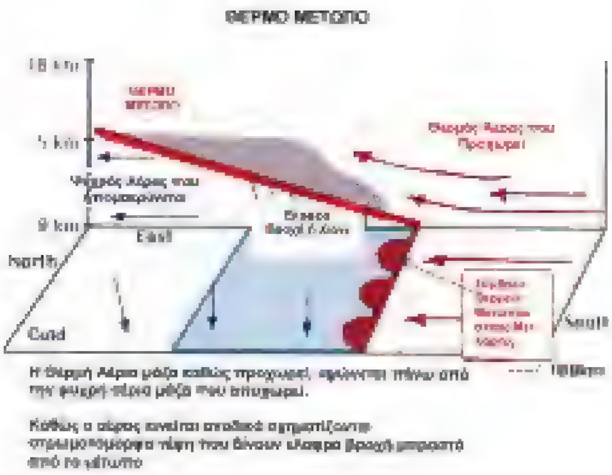
Εικόνα 59: Κίνηση Θερμού Μετώπου στο χάρτη. (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois Urbana-Champain)

Όταν ο θερμός αέρας είναι ευσταθής, το θερμό μέτωπο συνοδεύεται από στρωματόμορφη νέφωση που δίνει μικρής έντασης και μεγάλης διάρκειας βροχές. Στη σπανιότερη περίπτωση που ο θερμός αέρας είναι ασταθής, έχουμε και σχηματισμό σωρειτών που δίνουν μεσαίας έντασης βροχή. Η παρουσία θερμού στρώματος αέρα πάνω από τον ψυχρό είναι η αιτία δημιουργίας θερμοκρασιακής αναστροφής και συνθηκών ατμοσφαιρικής ευστάθειας.

[33] *Είδαμε ότι η ξηρή είναι 10 βαθμοί κάθε χίλια μέτρα, ενώ η υγρή είναι περίπου 6 βαθμοί ανά 1000 μέτρα.*

[34] *Άλλοι λόγοι είναι η πρόσκρουση αερίων μαζών σε εξάρσεις (κυρίως βουνοπλαγιές) ή η σύγκρουση αερίων μαζών μεταξύ τους, όπως θα δούμε και παρακάτω.*

[35] *Είδαμε την ομίχλη ανάμιξης στο κεφάλαιο "**Το Νερό στην Ατμόσφαιρα της Γης**"*



Εικόνα 60: Παράσταση Θερμού Μετώπου. Ο Θερμότερος Αέρας κινείται από τα Δεξιά προς τα Αριστερά καλύπτοντας τον ψυχρότερο αέρα. (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois Urbana-Champain)

Ψυχρό Μέτωπο

Όταν σε ένα μέτωπο ο ψυχρός αέρας ακολουθεί και προλαβαίνει το θερμότερο, τότε το μέτωπο λέγεται *ψυχρό* (Εικόνα 62). Στους χάρτες, το ψυχρό μέτωπο φαίνεται να κινείται από τις χαμηλότερες προς τις υψηλότερες θερμοκρασίες (Εικόνα 61). Ο ψυχρός αέρας εξαναγκάζει το θερμό σε ανοδική κίνηση, με αποτέλεσμα την ψύξη και δημιουργία σωρειτομόρφων νεφών απο την υγροποίηση των υδρατμών. Υπάρχουν διάφορες περιπτώσεις ανάλογα με το αν το ψυχρό μέτωπο κινείται γρήγορα ή αργά και αν ο θερμός αέρας είναι ευσταθής ή ασταθής.



Εικόνα 61: Κίνηση Ψυχρού Μετώπου στο χάρτη. (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences University of Illinois Urbana-Champain)

Όταν η ψυχρή αέρια μάζα κινείται αργά, η άνοδος του προπορευόμενου θερμού αέρα γίνεται με αργό ρυθμό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μέτριας στρωματομόρφου και σωρειτομόρφου νεφώσεως. Αν πάλι ο προπορευόμενος θερμός αέρας είναι ευσταθής, μπορεί να σχηματισθούν μόνο στρωματόμορφα νέφη και να μην εμφανισθούν καταιγίδες.

Όταν η ψυχρή αέρια μάζα κινείται πολύ γρήγορα, η έντονη ανοδική κίνηση και εκτόνωση του θερμού αέρα (ιδιαίτερα του ασταθούς) δημιουργεί σωρειτόμορφη νέφωση και καταιγίδες. Ορισμένες μάλιστα φορές, ολόκληρη η μετωπική επιφάνεια καλύπτεται από καταιγίδες. Το φαινόμενο είναι γνωστό ως γραμμή καταιγίδων (Squall Line).



Εικόνα 62: Παράσταση Ψυχρού Μετώπου. Ο Ψυχρότερος Αέρας κινείται από τα Αριστερά προς τα Δεξιά εξαναγκάζοντας το θερμό αέρα σε ανοδική κίνηση. (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois Urbana-Champain)

Στάσιμο Μέτωπο

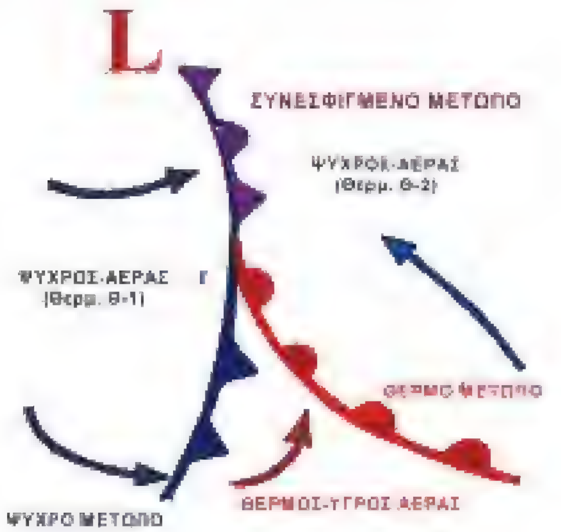
Όταν ένα μέτωπο κινείται πολύ αργά ονομάζεται *στάσιμο μέτωπο*.



Εικόνα 63: Στάσιμο Μέτωπο. (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois Urbana-Champain)

Συνεσφιγμένο Μέτωπο

Όταν ένα ψυχρό μέτωπο στην κίνησή του συναντήσει ένα θερμό, έχουμε τη *σύσφιξη* ή το *συνεσφιγμένο μέτωπο*. Στην περίπτωση αυτή, ο θερμός αέρας εγκλωβίζεται ανάμεσα σε δύο ψυχρές αέριες μάζες και εξαναγκάζεται σε ανοδική κίνηση (Εικόνα 65).



Εικόνα 64: Σύσφιξη. Όταν Θ1<Θ2 έχουμε ψυχρή σύσφιξη, αν Θ2<Θ1 θερμή. (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain)

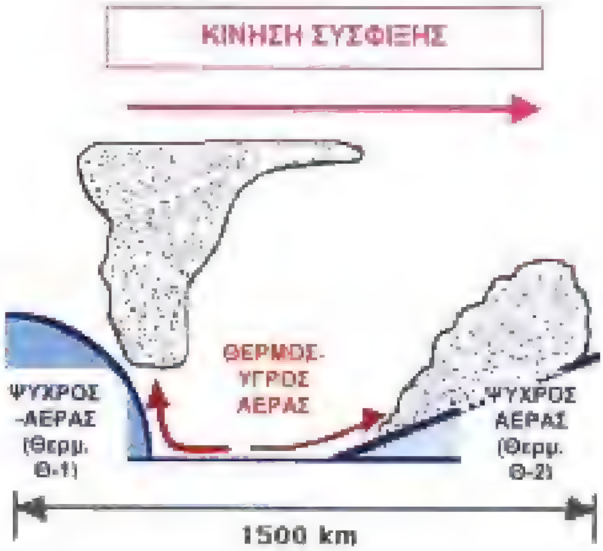
Υπάρχουν δύο κατηγορίες συσφίξεων. Όταν ο ψυχρός αέρας του ψυχρού μετώπου είναι θερμότερος από τον ψυχρό αέρα μπροστά από το θερμό μέτωπο, η σύσφιξη είναι *θερμή*. Όταν ο ψυχρός αέρας του ψυχρού μετώπου είναι ψυχρότερος από τον ψυχρό αέρα, μπροστά από το θερμό μέτωπο, έχουμε *ψυχρή σύσφιξη*. (Εικόνα 64).

Υφέσεις

Έχουμε ήδη δει στο κεφάλαιο "**Ατμοσφαιρική Πίεση**" ότι *η ύφεση* (Χαμηλό βαρομετρικό) είναι σύστημα όπου οι ισοβαρείς καμπύλες είναι κλειστές, με σχήμα περίπου κυκλικό ή ελλειπτικό, και η πίεση ελαττώνεται από την περιφέρεια προς το κέντρο (Εικόνα 13, Εικόνα 15). Εδώ θα εξετάσουμε με συντομία τις συνθήκες που δημιουργούνται οι υφέσεις και τα καιρικά φαινόμενα που τις συνοδεύουν.

Οι υφέσεις σχηματίζονται όταν τμήμα ψυχρής αέριας μάζας θερμανθεί και εξαναγκασθεί σε ανοδική κίνηση. Στην περιοχή της θερμής αέριας μάζας που σχηματίζεται, έχουμε πτώση πίεσης. Μία ύφεση συνοδεύεται πάντοτε από θερμό και ψυχρό μέτωπο. Ανάμεσα στα δύο περικλείεται το θερμό τμήμα που αναφέραμε ήδη. Η περιοχή αυτή λέγεται *θερμός τομέας της ύφεσης* (Εικόνα 66). Η διάλυση της ύφεσης αρχίζει όταν αρχίσει και η σύσφιξη των δύο μετώπων (Εικόνα 67).

Οι υφέσεις, αλλά και τα υπόλοιπα βαρομετρικά συστήματα στην κίνησή τους ακολουθούν τη γενική ατμοσφαιρική κυκλοφορία. Στα μέσα γεωγραφικά πλάτη, λοιπόν, κινούνται με κατεύθυνση Ανατολική-Βορειοανατολική στο Βόρειο ημισφαίριο και Ανατολική-Νότιο Ανατολική στο Νότιο.



Εικόνα 65: Άνοδος θερμού Αέρα σε Σύσφιξη. (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain)

Η προσέγγιση μιας βαρομετρικής ύφεσης[36] γίνεται αντιληπτή από τις ενδείξεις του βαρόμετρου που ολοένα και μικραίνουν (βαρομετρική πτώση). Η βαρομετρική πτώση αρχίζει με την προσέγγιση του θερμού μετώπου της ύφεσης[37]. Με το πέρασμα και του ψυχρού μετώπου αρχίζει βαρομετρική άνοδος και πάλι.

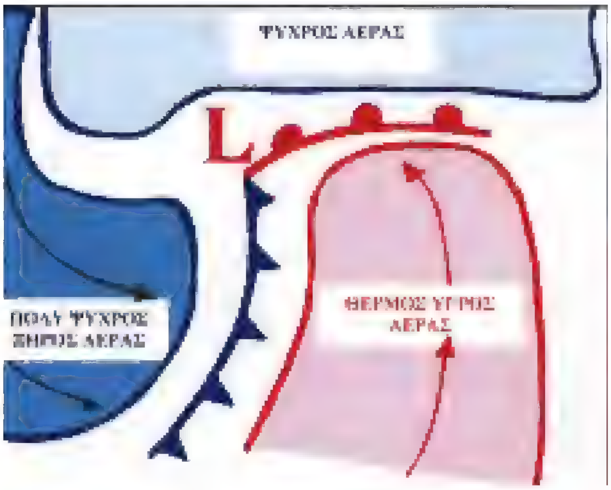
Στην ύφεση ο άνεμος κινείται από τις υψηλές πιέσεις της περιφέρειας προς το κέντρο (όπως είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο). Το αποτέλεσμα της σύγκλισης του ανέμου στο κέντρο της ύφεσης είναι η εξαναγκασμένη ανοδική κίνηση στο σημείο αυτό (Εικόνα

[36] *Λέγεται και βαρομετρικό χαμηλό.*

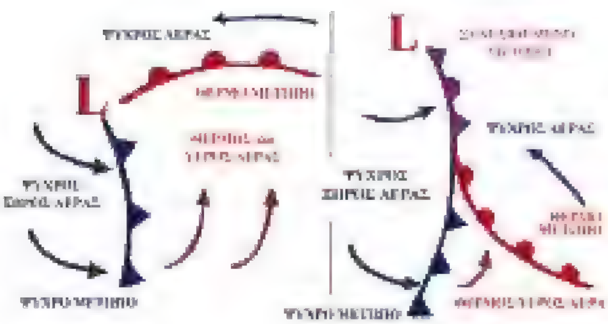
[37] *Διότι όσο θερμότερος είναι ο αέρας, τόσο χαμηλότερη είναι η πίεση.*

68). Η άνοδος του αέρα, ειδικά εκείνου που προέρχεται από τη θερμή αέρια μάζα, έχει ως αποτέλεσμα την ψύξη και υγροποίηση. Ο καιρός, λοιπόν, που συνοδεύει μία ύφεση περιλαμβάνει νέφωση και βροχές. Σε γενικές γραμμές, τα καιρικά φαινόμενα ταυτίζονται με αυτά που συνοδεύουν τα μέτωπα.

Η προσέγγιση του θερμού μετώπου προαναγγέλλεται από θυσάνους και θυσανοστρώματα. Ακολουθούν υψιστώματα, υψοσωρείτες και σωρειτομελανίες. Τα τελευταία συνοδεύονται από σταθερή βροχή

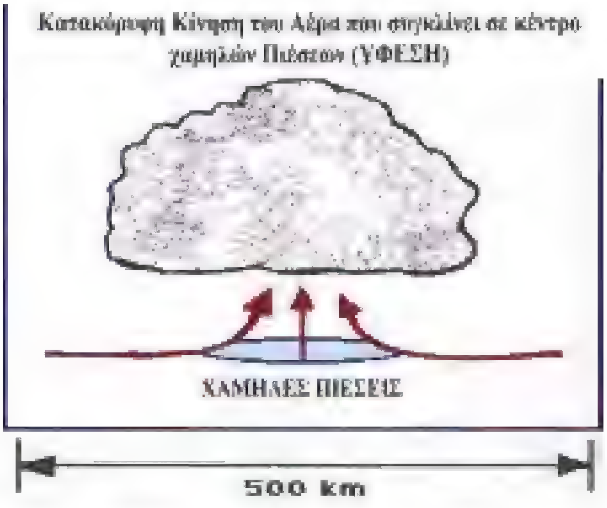


Εικόνα 66: Σχηματισμός ΄Υφεσης απο τη θερμή αέριας μάζας που περικλείεται από ψυχρό αέρα. (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain)



Εικόνα 67: Αριστερα Σχηματισμός ΄Υφεσης (Η εικόνα αντιστοιχεί στην Εικόνα 66). Δεξιά αρχή διάλυσης ύφεσης. (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain)

Με το πέρασμα του θερμού μετώπου η θερμοκρασία ανεβαίνει. Με την προσέγγιση όμως του ψυχρού μετώπου της ύφεσης, η θερμοκρασία πέφτει και πάλι εμφανίζεται σωρειτόμορφη νέφωση, έντονη βροχή και συχνά σχηματίζονται καταιγίδες. Στη θάλασσα τα βίαια καιρικά φαινόμενα εμφανίζονται περί τα 200 μίλια μπροστά από το ψυχρό μέτωπο.



Εικόνα 68: Κατακόρυφη Κίνηση του Αέρα που συγκλίνει σε κέντρο χαμηλών Πιέσεων (ΥΦΕΣΗ). (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain)

Με το πέρασμα και του ψυχρού μετώπου, τα έντονα καιρικά φαινόμενα ατονούν. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το τμήμα της ύφεσης προς τον Ισημερινό[38] μπορεί να θερμανθεί έντονα, δημιουργώντας ένα επιπλέον κέντρο χαμηλής πίεσης μέσα στις ισοβαρείς της ύφεσης. Αν, παράλληλα, τύχει η ύφεση να περιβάλλεται από αντικυκλώνες και σφήνες έξαρσης, τότε το νεοσχηματιζόμενο χαμηλό ακινητεί εγκλωβισμένο. Τέτοιες υφέσεις έχουν χρόνο ζωής περί τις 8 ημέρες και δημιουργούν διαδοχικά μέτωπα, που καθώς περιστρέφονται δίνουν περιοδικά 6 ώρες κακοκαιρίας-18 ώρες καλοκαιρίας-6 ώρες κακοκαιρίας κτλ.

Αντικυκλώνες

΄Εχουμε ήδη δει στο κεφάλαιο "**Ατμοσφαιρική Πίεση**" ότι ο *Αντικυκλώνας* (Υψηλό βαρομετρικό) ειναι το σύστημα στο οποίο οι ισοβαρείς καμπύλες είναι κλειστές, με σχήμα περίπου κυκλικό ή ελλειπτικό και η πίεση αυξάνεται από την περιφέρεια προς το κέντρο.

Στα συστήματα αυτά, ο αέρας κινείται από το κέντρο προς την περιφέρεια, στρεφόμενος κάτω από την επίδραση της δύναμης Coriolis. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η κατακόρυφη κίνηση του αέρα να είναι καθοδι-

[38] *Δηλαδή το Νότιο Τμήμα στις Υφέσεις Βορείου Ημισφαιρίου και το Βόρειο στις Υφέσεις Νοτίου.*



Εικόνα 69: Σίφωνας και η καταιγίδα που τον συνοδεύει. (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain)

κή, αντίθετα με την Εικόνα 68. Η καθοδική κίνηση του αέρα έχει ως αποτέλεσμα τη θέρμανση. Όσο θερμότερος είναι ο αέρας, τόσο περισσότερη υγρασία συγκρατεί, με αποτέλεσμα τα σύννεφα να εμφανίζουν τάση διάλυσης και να επικρατεί καλοκαιρία.

Σίφωνες

Οι Σίφωνες είναι ανεμοστρόβιλοι με μεγάλη ένταση και μικρή έκταση και διάρκεια. Συνήθως η διάμετρός τους είναι περί τα 250 μέτρα, και διαρκούν λιγότερο από μία ώρα. Δημιουργούνται όταν μικρή και υπερβολικά ασταθής αέρια μάζα αρχίζει να υψώνεται ταχύτατα. Ο γύρω αέρας πού κινείται να καλύψει το κενό της ανύψωσης αυτής στροβιλίζεται έντονα κάτω από την επίδραση των δυνάμεων Coriolis σχηματίζοντας τον σίφωνα. Συνοδεύονται συνήθως από καταιγίδες (Εικόνα 69), εξαιτίας των συνθηκών αστάθειας που τους συνοδεύουν.

Το κυριότερο χαρακτηριστικό τους είναι η μεγάλη πτώση πίεσης από την περιφέρεια προς το κέντρο (25 mb πολλές φορές) και οι βίαιοι άνεμοι που φθάνουν τους 200 κόμβους.

Οι σίφωνες κινούνται συνήθως με ταχύτητες 30-40 κόμβων. Είναι ιδιαίτερα δύσκολη η πρόβλεψή τους, εξαιτίας της γρήγορης δημιουργίας τους.

Περίληψη

• Αέρια μάζα είναι ένα τεράστιο σώμα αέρα (περίπου 1000 μίλια διάμετρος), το οποίο παρουσιάζει οριζόντια (γεωγραφική) ομοιογένεια χαρακτηριστικών (θερμοκρασίας, υγρασίας, και κατακόρυφης θερμοβαθμίδας), ενώ υπάρχουν απότομες αλλαγές κατά μήκος των ορίων του.

• Η περιοχή, όπου αρχικά δημιουργείται μία αέρια μάζα, είναι η πηγή της και από αυτήν παίρνει τα βασικά χαρακτηριστικά της. Μας ενδιαφέρουν επίσης η διαδρομή μιας αέριας μάζας και η ηλικία, διότι από αυτές εκτιμούμε σε ποιο βαθμό έχουν μεταβληθεί τα χαρακτηριστικά μιας αέριας μάζας, αφότου άρχισε να κινείται. Ο βαθμός τροποίησης μιας αέριας μάζας, που κινείται, εξαρτάται από την ταχύτητα της Αέριας Μάζας, από τη φύση της περιοχής από όπου περνά, δηλαδή τη μορφολογία του εδάφους και από τη διαφορά θερμοκρασίας αέριας μάζας-εδάφους.

• Οι αέριες μάζες κατατάσσονται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της πηγής τους σε: Τροπικές Θαλάσσιες (Θερμές-Υγρές), Τροπικές Ηπειρωτικές, (Θερμές-Ξηρές) Πολικές και Αρκτικές Θαλάσσιες (Ψυχρές-Υγρές), Πολικές και Αρκτικές Ηπειρωτικές (Ψυχρές-Ξηρές). Μία τελευταία υποδιαίρεση των αερίων μαζών είναι σε θερμότερες από την επιφάνεια του εδάφους και ψυχρότερες.

• Ασταθής είναι μία αέρια μάζα όταν έχει την τάση να κινηθεί ανοδικά, ενώ ευσταθής όταν έχει την τάση να κινηθεί καθοδικά, οριζόντια ή καθόλου. Μία αέρια μάζα είναι ασταθής, όταν η κατακόρυφη αδιαβατική θερμοβαθμίδα είναι μικρότερη από την κατακόρυφη θερμοβαθμίδα, ενώ στην αντίθετη περίπτωση είναι ευσταθής. Είναι ευκολότερο για μια υγρή αέρια μάζα να είναι ασταθής, διότι η υγρή κατακόρυφη αδιαβατική θερμοβαθμίδα είναι μικρότερη από την ξηρή κατακόρυφη αδιαβατική θερμοβαθμίδα

• Μετωπική επιφάνεια είναι η διαχωριστική επιφάνεια ανάμεσα σε δύο διαφορετικές αέριες μάζες. Η γραμμή, κατά μήκος της οποίας η μετωπική επιφάνεια συναντά το οριζόντιο επίπεδο, λέγεται μέτωπο.

• Όταν σε ένα μέτωπο ο θερμός αέρας (η θερμότερη αέρια μάζα) ακολουθεί και προλαβαίνει τον ψυχρότερο, τότε το μέτωπο λέγεται θερμό. Αντίθετα, αν ο ψυχρός αέρας ακολουθεί και προλαβαίνει το θερμότερο, τότε έχουμε ψυχρό μέτωπο. Όταν ένα μέτωπο κινείται πολύ αργά, ονομάζεται στάσιμο μέτωπο. Όταν ένα ψυχρό μέτωπο, στην κίνησή του, συναντήσει ένα θερμό, έχουμε την σύσφιξη ή το συνεσφιγμένο μέτωπο.

• Υπάρχουν δύο κατηγορίες συσφίξεων. Όταν ο ψυχρός αέρας του ψυχρού μετώπου είναι θερμότερος από τον ψυχρό αέρα μπροστά από το θερμό μέτωπο η σύσφιξη είναι θερμή. Όταν ο ψυχρός αέρας του ψυχρού μετώπου είναι ψυχρότερος από τον ψυχρό αέρα μπροστά από το θερμό μέτωπο, έχουμε ψυχρή σύσφιξη.

• Όταν ο θερμός αέρας είναι ευσταθής, το θερμό μέτωπο συνοδεύεται από στρωματόμορφη νέφωση που δίνει μικρής έντασης και μεγάλης διάρκειας βροχές, ενώ στη σπανιότερη περίπτωση που είναι ασταθής, έχουμε και σχηματισμό σωρειτών που δίνουν μεσαίας έντασης βροχή. Τα ψυχρά μέτωπα χαρακτηρίζονται από σωρειτόμορφη νέφωση και καταιγίδες, όταν η ψυχρή αέρια μάζα κινείται γρήγορα ή και ο προπορευόμενος θερμός αέρας είναι ασταθής. Όταν ο ψυχρός αέρας κινείται αργά και ο θερμός είναι ευσταθής, τότε έχουμε στρωματόμορφη νέφωση και δεν εκδηλώνονται καταιγίδες.

• Οι υφέσεις σχηματίζονται όταν τμήμα ψυχρής αέριας μάζας θερμανθεί και εξαναγκασθεί σε ανοδική κίνηση. Στην περιοχή της θερμής αέριας μάζας, που σχηματίζεται, έχουμε πτώση πίεσης. Μία ύφεση συνοδεύεται πάντοτε από θερμό και ψυχρό μέτωπο. Ανάμεσα στα δύο περικλείεται το θερμό τμήμα. Η περιοχή αυτή λέγεται θερμός τομέας της ύφεσης. Η διάλυση της ύφεσης αρχίζει όταν αρχίσει και η σύσφιξη των δύο μετώπων. Στο κέντρο της ύφεσης ο άνεμος συγκλίνει και αναγκάζει το αέρα να κινηθεί ανοδικά. Η εκτόνωση δημιουργεί φαινόμενα κακοκαιρίας (νέφωση, βροχή καταιγίδες).

• Στα υψηλά βαρομετρικά (Αντικυκλώνες) ο αέρας κινείται από το κέντρο προς την περιφέρεια, στρεφόμενος κάτω από την επίδραση της δύναμης Coriolis. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η κατακόρυφη κίνηση του αέρα να είναι καθοδική, ο αέρας να συμπιέζεται και να θερμαίνεται, τα σύννεφα να εμφανίζουν τάση διάλυσης, οπότε επικρατεί καλοκαιρία.

• Τα βαρομετρικά συστήματα (Υφέσεις-Αντικυκλώνες) ακολουθούν τη γενική ατμοσφαιρική κυκλοφορία. Στα μέσα γεωγραφικά πλάτη κινούνται με κατεύθυνση Ανατολική-Βορειοανατολική στο Βόρειο ημισφαίριο και Ανατολική-Νότιο Ανατολική στο Νότιο.

- Οι σίφωνες είναι ανεμοστρόβιλοι με μεγάλη ένταση (άνεμοι 200 κόμβων), μικρή έκταση (250 μέτρα) και διάρκεια (μικρότερη από ώρα). Δημιουργούνται όταν μικρή και υπερβολικά ασταθής αέρια μάζα αρχίζει να υψώνεται ταχύτατα, ενώ ο γύρω αέρας που κινείται να καλύψει το κενό στροβιλίζεται έντονα κάτω από την επίδραση των δυνάμεων Coriolis. Συνοδεύονται συνήθως από καταιγίδες

Ερωτήσεις Επανάληψης

- Τι χαρακτηρίζει μία αέρια μάζα;
- Τι είναι η πηγή, η διαδρομή και η ηλικία μιας αέριας μάζας; Σε τι ενδιαφέρει τη μετεωρολογία καθεμιά από αυτές τις πληροφορίες; Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τον βαθμό τροποίησης αέριας μάζας κατά τη διαδρομή της;
- Φτιάξτε ένα πίνακα 2x3 και καταχωρήστε, σε καθένα από τα τέσσερα τετράγωνά του, τις ιδιότητες των αερίων μαζών, ανάλογα με την πηγή. Στον ένα άξονα θα έχετε τις (Τροπικές, Πολικές, Αρκτικές) πηγές και στον άλλο τις (Ηπειρωτικές, Θαλάσσιες). Αγνοήστε προς το παρόν την υποδιαίρεση σε θερμότερες ή ψυχρότερες από την επιφάνεια.
- Μία αέρια μάζα σχηματίζεται το καλοκαίρι πάνω από την έρημο Σαχάρα. Σε τι κατηγορία θα την κατατάξετε; Εξηγείστε.
- Πότε μία αέρια μάζα είναι ασταθής και πότε ευσταθής; Τι σχέση έχει η ευστάθεια-αστάθεια με τη θερμοβαθμίδα;
- Τι λέγεται μετωπική επιφάνεια; Ποια σχέση έχει με το μέτωπο;
- Ποια είδη μετώπων γνωρίζετε; Δώστε μια σύντομη περιγραφή για το καθένα.
- Πόσα είδη συσφίξης μετώπων έχουμε; Περιγράψτε με συντομία το καθένα (Χαράξτε και σχήμα).
- Πώς σχηματίζονται οι υφέσεις; Γιατι συνοδεύονται με κακοκαιρία;
- Εξηγείστε με συντομία γιατί οι αντικυκλώνες συνοδεύονται με καλοκαιρία.
- Τι είναι οι σίφωνες και πώς δημιουργούνται;
- Στην πρόγνωση του καιρού, σε μέσα γεωγραφικά πλάτη, περιμένετε να σας επηρεάσει ο καιρός των περιοχών που είναι δυτικά από τη θέση σας ή ανατολικά; Εξηγείστε.

Ασκήσεις-Εργασίες

- Να επαναλάβετε την παράγραφο που αφορά το μηχανισμό δημιουργίας στρωματομόρφων νεφών στο Κεφάλαιο "**Το Νερό στην Ατμόσφαιρα της Γης**" και στη συνέχεια να γράψετε μία σύντομη παράγραφο που να εξηγεί το είδος νέφωσης που συναντάται στο θερμό μέτωπο.
- Να επαναλάβετε την παράγραφο που αφορά το μηχανισμό δημιουργίας σωρειτομόρφων νεφών και νεφών ανοδικών ρευμάτων στο Κεφάλαιο "**Το νερό στην Ατμόσφαιρα της Γης**" και στη συνέχεια να γράψετε μία σύντομη παράγραφο που να εξηγεί το είδος νέφωσης που συναντάται στο ψυχρό μέτωπο.
- Η Εικόνα 68 δείχνει τις κατακόρυφες κινήσεις του αέρα σε μία ύφεση. Φτιάξτε την αντίστοιχη εικόνα για τις κατακόρυφες κινήσεις του αέρα σε αντικυκλώνα. Εξηγείστε σε ποια από τις δύο περιπτώσεις έχουμε δημιουργία και σε ποια διάλυση νεφών.

Τροπικοί Κυκλώνες

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθουμε:

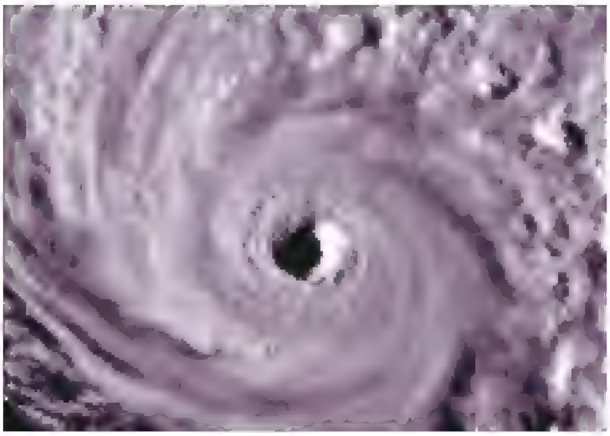
ΝΕΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ	ΟΡΟΛΟΓΙΑ
Δημιουργία -Εξέλιξη-Περιοχές όπου αφθονούν οι κυκλώνες	*Τροπική Διαταραχή (Tropical Disturbance), Τροπική Ύφεση (Tropical Depression), Τροπική Καταιγίδα (Tropical Storm), Τυφώνας (Typhoon), Χάρικαιην (Hurricane), Γουίλι-Γουίλυ (Willy-Willy), Μάτι του Κυκλώνα (Eye of the Storm)*
Πρόβλεψη Κυκλώνων και Χειρισμοί Πλοίου για Αποφυγή, στη θάλασσα ή στο λιμάνι	*Πλεύσιμο και Επικίνδυνο Ημικύκλιο (Navigable-Dangerous semicircle), Σημείο καμπής (recurvature point).*

Σε προηγούμενα κεφάλαια εξετάσαμε πώς αλληλεπιδρούν οι αέριες μάζες μεταξύ τους και εφαρμόσαμε τις γνώσεις στην πρόβλεψη του καιρού που προκύπτει, εξαιτίας των αλληλεπιδράσεων αερίων μαζών. Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετήσουμε επίσης το πιο έντονο από τα καιρικά φαινόμενα στη θάλασσα, τον τροπικό κυκλώνα. Για το ναυτικό, ο τροπικός κυκλώνας είναι ότι ακριβώς δεν επιθυμεί να συναντήσει στη θάλασσα. Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε, λοιπόν, τις μεθόδους πρόβλεψης και αποφυγής του.

Γενικά

Οι *τροπικοί κυκλώνες* είναι χαμηλά βαρομετρικά συστήματα που δημιουργούνται στην περιοχή των τροπικών. Η βασική διαφορά τους από τις υφέσεις είναι ότι εμφανίζουν τεράστια συγκέντρωση ενέργειας σε περιορισμένο γεωγραφικά χώρο, με αποτέλεσμα τα καιρικά φαινόμενα που τους συνοδεύουν να μην είναι απλά βίαια, αλλά καταστροφικά. Έχουν διάρκεια μερικών ημερών. Οι τροπικοί κυκλώνες υποδιαιρούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

- ***Τροπικές Διαταραχές:*** *Εμφανίζονται ως αναδιπλώσεις των ισοβαρών με διάμετρο 100-300 μίλια, χωρίς δυνατούς ανέμους. Εμφανίζουν κινήσεις μεταφοράς, αλλά όχι χαμηλό σύστημα με κλειστές ισοβαρείς.*
- ***Τροπικές Υφέσεις:*** *Εμφανίζουν κλειστές ισοβαρείς. Οι άνεμοι φθάνουν έως 33 κόμβους)*
- ***Τροπικές Καταιγίδες:*** *Εμφανίζουν κλειστές ισοβαρείς. Οι άνεμοι φθάνουν έως 33-63 κόμβους.*
- ***Κυκλώνες ή Τυφώνες:*** *Κλειστές ισοβαρείς, άνεμοι άνω των 64 κόμβων.*



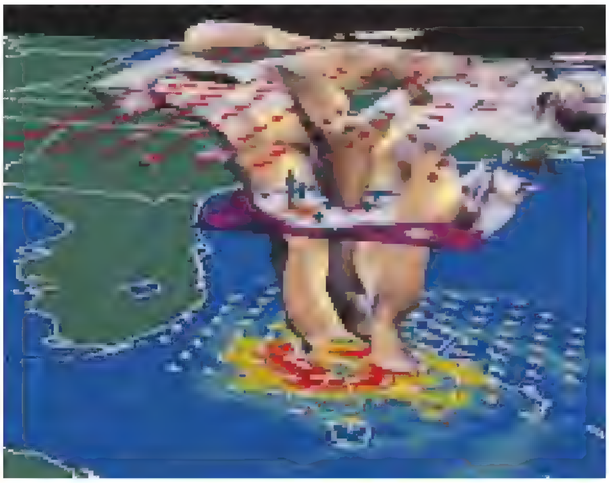
Εικόνα 70: Εικόνα τροπικού κυκλώνα από δορυφόρο. (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain)

Σχηματισμός Τροπικών Κυκλώνων

Συνήθως, η δημιουργία κυκλώνα αρχίζει από το στάδιο της τροπικής διαταραχής, και αν η ενέργεια που περιέχεται στο σύστημα είναι αρκετή, εξελίσσεται σε τροπική καταιγίδα ή κυκλώνα (Εικόνα 71). Σε πολλές περιπτώσεις η τροπική διαταραχή εξελίσσεται σε τροπική ύφεση με κλειστές ισοβαρείς. Πιστεύεται ότι η αιτία δημιουργίας της τροπικής ύφεσης είναι η παρουσίας υγρής και θερμής μάζας αέρα η οποία, όπως είδαμε παραπάνω, είναι πιθανότατα ασταθής. Η άνοδος της ασταθούς μάζας αέρα δημιουργεί το σύστημα χαμηλών πιέσεων της τροπικής ύφεσης, δεν είναι όμως αρκετό για το σχηματισμό κυκλώνα. Κατά τη διάρκεια της ανόδου, δημιουργούνται σωρειτόμορφα νέφη, καταιγίδες και έντονα γενικά καιρικά φαινόμενα.

Στο σημείο αυτό της εξέλιξης του φαινομένου, ο υγρός και θερμός αέρας των τροπικών κινείται προς το χαμηλό σύστημα για να καλύψει το κενό που δημιουργεί η ανύψωση της ασταθούς μάζας. Με την κάλυψη του κενού αυτού, η ύφεση θα έπρεπε να αρχίζει να εξασθενεί[39], τις περισσότερες φορές όμως η κυκλοφορία στα ανώτερα ατμοσφαιρικά στρώματα των τροπικών απομακρύνει τον αέρα που υψώνεται και η ύφεση δεν εξασθενεί. Αντίθετα, απορροφά όλο και περισσότερο θερμό και υγρό αέρα, ο οποίος και δίνει την ενέργειά[40] του στην ενίσχυση του κυκλώνα. Τα ποσά ενέργειας που απελευθερώνονται με αυτόν τον τρόποείναι τεράστια.

Η δημιουργία λοιπόν των τροπικών κυκλώνων οφείλεται σε συνδυασμό της αστάθειας θερμών και υγρών αερίων μαζών των τροπικών ωκεανών που δημιουργούν την αρχική ύφεση, με την ανώτερη ατμοσφαιρική κυκλοφορία, που διασκορπίζει τον ανερχόμενο αέρα, εμποδίζοντας την εξασθένιση της ύφεσης και ενισχύοντας αντίθετα το φαινόμενο μέχρι το σχηματισμό κυκλώνα (Εικόνα 72, Εικόνα 73).



Εικόνα 72: Κινήσεις αέρα σε τροπικό κυκλώνα. Ο θερμός και υγρός αέρας απορροφάται από τη βάση και στο τέλος της ανόδου του διασκορπίζεται από την ανώτερη ατμοσφαιρική κυκλοφορία. Στη διαδρομή του ο αέρας έχει αποβάλει τους υδρατμούς του και αποδώσει την ενέργειά τους.(Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain)



Εικόνα 71: Στάδια δημιουργίας τροπικού κυκλώνα ή καταιγίδας. (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain)

[39] *Όπως συμβαίνει στις υπόλοιπες υφέσεις που είδαμε παραπάνω.*

[40] *Είδαμε στα Κεφάλαια "**Θερμοκρασία του αέρα**" και "**Το Νερό στην Ατμόσφαιρα της Γης**" ότι η συμπύκνωση των υδρατμών αποδίδει τη λανθάνουσα θερμότητα εξαέρωσης. Άρα, ο θερμός υγρός αέρας μεταφέρει μεγάλα ποσά ενέργειας.*

Χαρακτηριστικά Τροπικών Κυκλώνων

Στα αρχικά στάδια του σχηματισμού τους οι τροπικοί κυκλώνες καλύπτουν μία έκταση με διάμετρο περί τα 100 μίλια. Οι άνεμοι στην περιοχή αυτή ξεπερνούν σε ταχύτητα τους 64 κόμβους. Τα έντονα καιρικά φαινόμενα και οι δυνατοί άνεμοι γίνονται αισθητοί σε ακόμη μεγαλύτερη περιοχή διαμέτρου 400 μιλίων.

Η κεντρική περιοχή του κυκλώνα καλύπτεται από σωρειτόμορφη νέφωση (Σωρείτες, Σωρειτομελανίες), που συνοδεύονται από καταρρακτώδεις βροχές και καταιγίδες. Στην περιφέρεια του κυκλώνα, υπάρχουν κυρίως σωρειτομελανίες που, προς τα έξω, αντικαθίστανται από θυσάνους και Υψοστρώματα. Οι άνεμοι γίνονται ισχυρότεροι από την περιφέρεια προς το κέντρο, αποκτούν δε τη μέγιστη έντασή τους ακριβώς γύρω από το *μάτι του κυκλώνα*. Ακριβώς στο κέντρο (το μάτι του κυκλώνα), μία περιοχή διαμέτρου 14-25 μιλίων ο άνεμος κοπάζει τελείως (ταχύτητες 15 κόμβων και μικρότερες) και η νέφωση αραιώνει σημαντικά.



Εικόνα 73: Κατακόρυφες κινήσεις αέρα σε τροπικό κυκλώνα (αντίστοιχη με την Εικόνα 72). Ο θερμός και υγρός αέρας απορροφάται από τη βάση και στο τέλος της ανόδου του διασκορπίζεται από την ανώτερη ατμοσφαιρική κυκλοφορία. Στη διαδρομή του ο αέρας έχει αποβάλει τους υδρατμούς του σε μορφή σωρειτών και έχει αποδώσει τη λανθάνουσα ενέργειά τους.(Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain)

Περιοχές και Εποχές Εμφάνισης Τροπικών Κυκλώνων

Οι τροπικοί κυκλώνες σχηματίζονται σχεδόν πάντοτε ανάμεσα στους παράλληλους των 7^0 και των 15^0, ενώ μικρό ποσοστό σχηματίζεται πιο κοντά στον Ισημερινό. Ειδικότερα, κυκλώνες δημιουργούνται σε έξι συγκεκριμένες περιοχές και παίρνουν, όπως θα δούμε, διαφορετικά ονόματα σε καθεμιά. Τέσσερις από αυτές τις περιοχές είναι στο Βόρειο Ημισφαίριο και οι υπόλοιπες δύο στο Νότιο (Εικόνα 74). Δεν έχουν παρατηρηθεί καθόλου κυκλώνες στο νότιο Ατλαντικό και το νότιο Ειρηνικό Ωκεανό, Ανατολικά από το μεσημβρινό των 140° Δυτικό.

Κυκλώνες Βορείου Ατλαντικού: Είναι γνωστοί με την ονομασία Χούρικαιην. Εμφανίζονται κυρίως από τον Ιούνιο έως και το Νοέμβριο, με μέγιστη συχνότητα εμφάνισης Αύγουστο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο.

Κυκλώνες Βορειοανατολικού Ειρηνικού: Ονομάζονται επίσης Χουρικαίην[41] και σχηματίζονται κυρίως στην περίοδο από τον Ιούνιο έως τον Οκτώβριο.

Κυκλώνες Βορειοδυτικού Ειρηνικού: Στην περιοχή αυτή οι τροπικοί κυκλώνες, που εδώ ονομάζονται τυφώνες, είναι συχνότεροι από οποιαδήποτε άλλη θαλάσσια περιοχή της Γης. Εμφανίζονται όλο το έτος, συχνότερα όμως την περίοδο από τον Απρίλιο έως τον Δεκέμβριο.

Κυκλώνες Βόρειου Ινδικού Ωκεανού: Ονομάζονται και Κυκλωνικές Θύελλες[42] και σχηματίζονται όλο το χρόνο. Συνήθως δεν είναι πολύ ισχυροί.

Κυκλώνες Νότιου Ινδικού Ωκεανού (Κυκλώνες): Σχηματίζονται συνήθως την περίοδο από το Δεκέμβριο έως το Μάρτιο.

Κυκλώνες Νοτιοδυτικού Ειρηνικού Ωκεανού και περιοχής Αυστραλίας: Στο Νοτιοδυτικό Ειρηνικό ονομάζονται κυκλώνες, αλλά στην περιοχή της Αυστραλίας ονομάζονται Γουίλι-Γουίλι[43], και εμφανίζονται κυρίως από το Δεκέμβριο έως τον Απρίλιο.

Στην Εικόνα 74 παρατηρούμε ότι οι περιοχές σχηματισμού των κυκλώνων συμπίπτουν με τις θερμότερες περιοχές των ωκεανών. Αυτό αναμενόταν διότι, σύμφωνα με όσα είδαμε σε προηγούμενες παραγράφους, στις περιοχές εκείνες σχηματίζονται κατά κύριο λόγο ασταθείς θερμές και υγρές αέριες μάζες που μεταφέρουν μεγάλα ποσά ενέργειας, σε μορφή λανθάνουσας θερμότητας υδρατμών.

Αποφυγή των Κυκλώνων

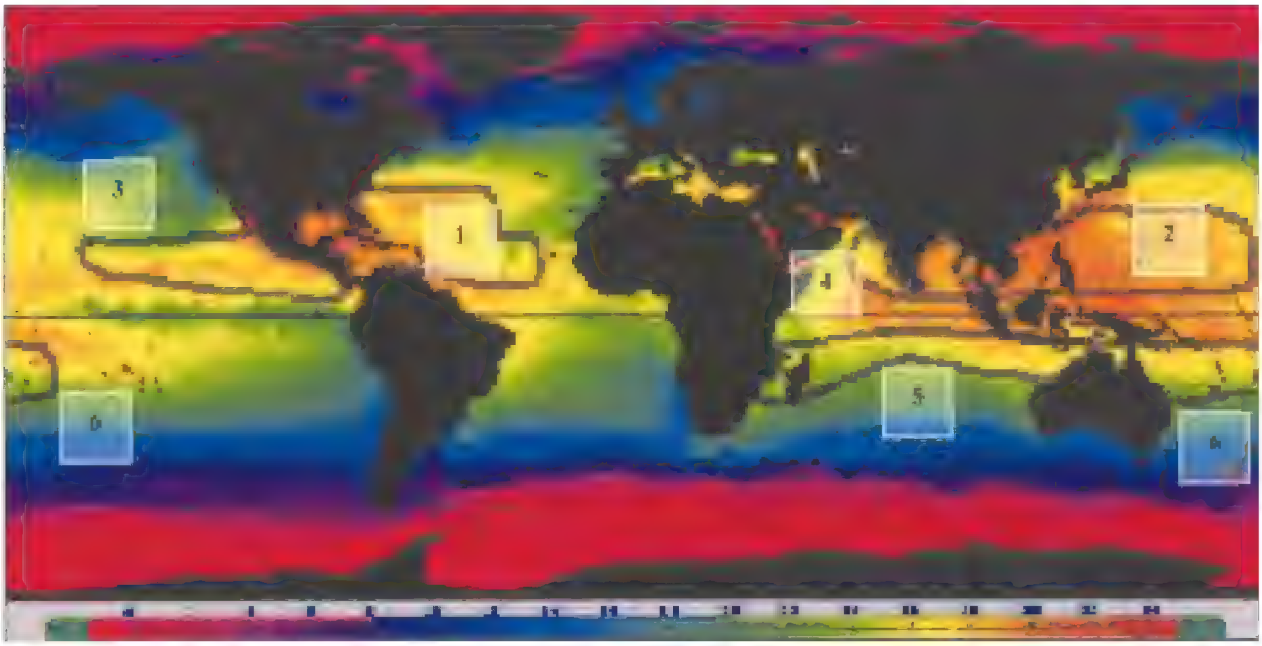
Οι κινήσεις των κυκλώνων

Οι κινήσεις των τροπικών κυκλώνων κατευθύνονται και ελέγχονται από τη γενική ατμοσφαιρική κυκλοφο-

[41] *Hurricane*

[42] *Cyclonic Strorm*

[43] *Willy-Willy*



Εικόνα 74: Οι έξι περιοχές δημιουργίας των τροπικών κυκλώνων. Στο χάρτη είναι αριθμημένες, όπως στο κείμενο. Στην εικόνα, φαίνεται επίσης και η κατανομή θερμοκρασίας στην επιφάνεια των ωκεανών (Μοβ και Μπλε οι ψυχρότερες περιοχές, Πορτοκαλί οι θερμότερες). Παρατηρούμε ότι οι όλες περιοχές σχηματισμού των κυκλώνων βρίσκονται στις πιο θερμές περιοχές των ωκεανών. (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain)

ρία[44]. Η πορεία τους εξαρτάται από τη ζώνη όπου βρίσκονται, αλλά κατ΄ αρχάς ακολουθούν την προς τα δυτικά πνοή των Αληγών. Στη συνέχεια, όταν φθάσουν σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη ακολουθούν τους επικρατούντες δυτικούς ανέμους. Στο Βόρειο Ημισφαίριο έχουν πορείες μεταξύ 275° και 350°. Φθάνοντας σε βόρειο γεωγραφικό πλάτος 25°, στρέφουν και παίρνουν Βορειοανατολική πορεία. Το σημείο, στο οποίο συμβαίνει αυτή η αλλαγή πορείας, λέγεται σημείο καμπής (recurvature point). Στο Νότιο Ημισφαίριο κινούνται αρχικά σε Δυτικές-Νοτιοδυτικές ή Νότιες-Νοτιοδυτικές πορείες, και σε νότια πλάτη 15° έως 20° στρέφουν, παίρνοντας Νοτιοανατολικές πορείες.

Το σημείο αλλαγης πορείας ενός κυκλώνα ονομάζεται σημείο αναστροφής και είναι το δυτικότερο σημείο που φθάνει ο κυκλώνας, πριν στραφεί σε πορεία που τον απομακρύνει από τον Ισημερινό.

Οι κινήσεις φαίνονται σχηματικά στην Εικόνα 75.

Φαινόμενα που Προαναγγέλλουν Κυκλώνα

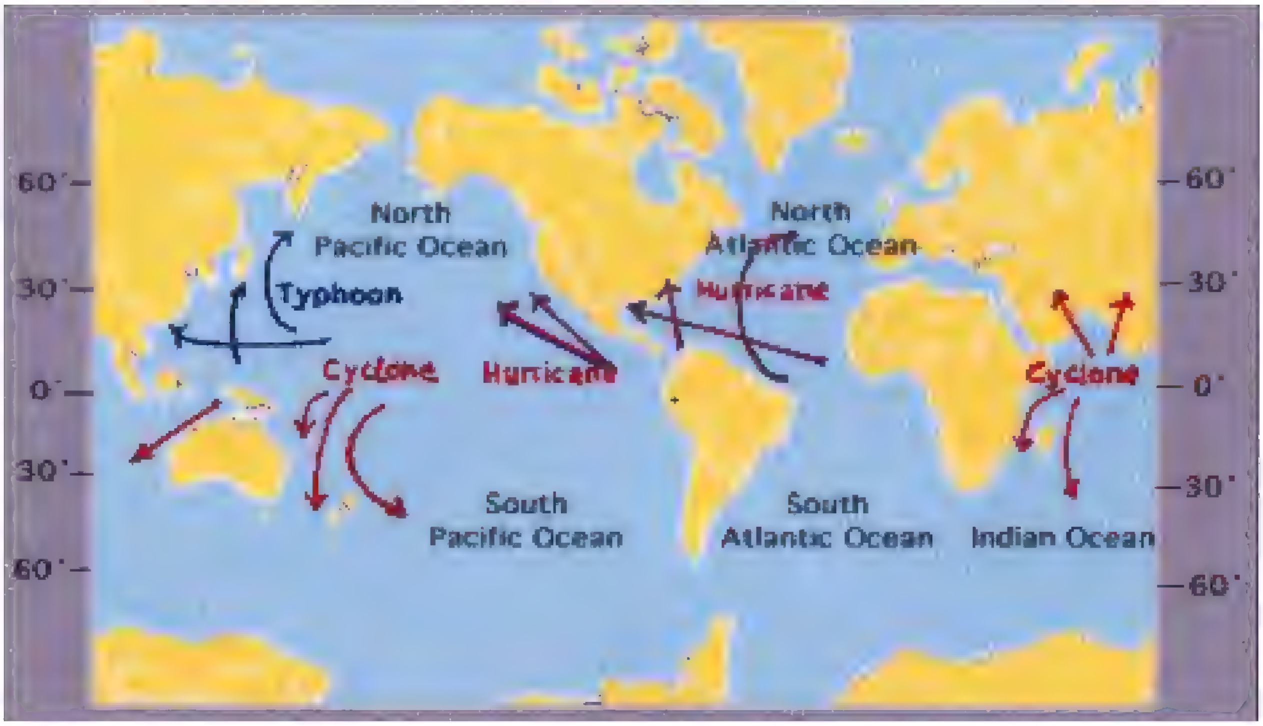
Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι θέσεις, οι πορείες και οι πιθανές κινήσεις των κυκλώνων αναγγέλλονται από τις προαγγελίες στους Ναυτιλλομένους μέσω ασυρμάτου[45], περιοδικά. Επίσης τα πλοία που συναντούν τροπικό κυκλώνα είναι υποχρεωμένα να τον αναφέρουν από τον ασύρματο, δίνοντας όσο περισσότερα στοιχεία μπορούν και ειδικά ενδείξεις βαρόμετρου.

Επιπλέον, τα πλοία έχουν τη δυνατότητα να προβλέψουν την προσέγγιση κυκλώνα, με βάση δικές τους μετεωρολογικές παρατηρήσεις, τις οποίες και πρέπει να κάνουν σε τακτικά διαστήματα. Το βασικό στοιχείο πρόβλεψης είναι η συμπεριφορά του βαρόμετρου. Όσο γρηγορότερη είναι η ελάττωση της πίεσης, τόσο πιο κοντά στο κέντρο του κυκλώνα βρίσκεται το πλοίο (Πίνακας 12).

---

[44] *Η γενική ατμοσφαιρική κυκλοφορία και οι ζώνες των διαφόρων ανέμων εξετάσθηκαν στο κεφάλαιο "Γενική Κυκλοφορία της Ατμόσφαιρας"*

[45] *Οι συχνότητες και οι χρόνοι εκπομπής των δελτίων περιέχονται στην έκδοση του Βρετανικού Ναυαρχείου "Admiralty List of Radio Signals". Από πλευράς ΗΠΑ υπάρχει αντίστοιχη έκδοση "Selected Worldwide Marine Weather Broadcasts" των Naval Oceanography Command και National Hurricane Center.*



Εικόνα 75: Οι κινήσεις των Τροπικών Κυκλώνων. (Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois, Urbana-Champain

Πτώση Βαρόμετρου (mb/ώρα)	Απόσταση του Κέντρου (Μίλια)
0.67 - 2.00	250 - 150
2.00 - 2.67	150 - 100
2.67 - 4.00	100 - 80
4.00 - 5.00	80 - 50

Πίνακας 12: Πτώση Βαρόμετρου σε σχέση με την απόσταση του Κέντρου Κυκλώνα.

Εάν δεν παρεμβάλλεται ξηρά ανάμεσα στον κυκλώνα και τη θέση μας, η αποθαλασσία μπορεί να μας δώσει την πρώτη ένδειξη ότι προσεγγίζει κυκλώνας, διότι γίνεται αισθητή από απόσταση 1000 μιλίων. Η διόπτευση της αποθαλασσίας είναι η διόπτευση του κέντρου, διότι αυτή απομακρύνεται από τον κυκλώνα με κατεύθυνση απο το κέντρο προς την περιφέρεια.

Η χαρακτηριστική νέφωση κυκλώνα αποτελείται από θυσάνους και Υψοστρώματα αρχικά, σωρειτομελανίες στη συνέχεια.

Απότομες αλλαγές στην κατεύθυνση ή και την ένταση του ανέμου είναι ένδειξη προσέγγισης κυκλώνα.

Τέλος, στο RADAR ο κυκλώνας δίνει χαρακτηριστική ηχώ, η οποία κυρίως οφείλεται στην αντανάκλαση της βροχής που τον συνοδεύει. Με το RADAR, εφόσον η απόσταση το επιτρέπει, μπορεί να προσδιοριστεί η διόπτευση και απόσταση του κέντρου από το πλοίο μας, όπως θα δούμε και στην επόμενη παράγραφο.

Χειρισμός Πλοίου για την Αποφυγή Κυκλώνα.

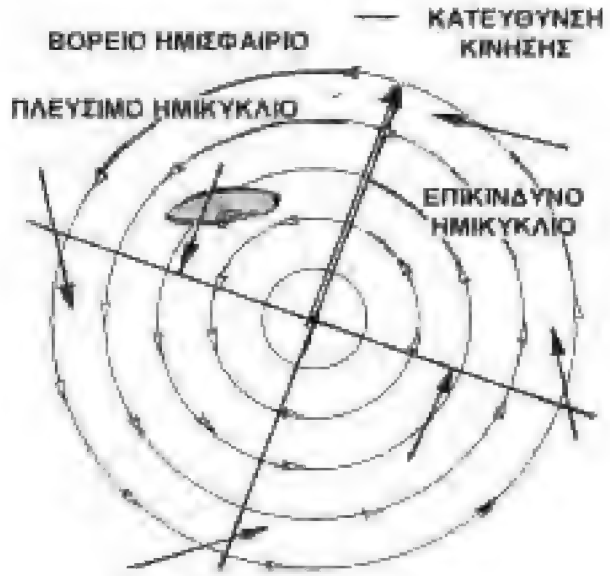
Για να αποφύγει ένα πλοίου κάποιο τροπικό κυκλώνα πρέπει, πρώτα από όλα, να γνωρίζει τη θέση και την κίνηση του κέντρου του. Η διόπτευση του κέντρου μπορεί να προσδιοριστεί από την αποθαλασσία ή το RADAR. Ένας άλλος τρόπος προσδιορισμού της διόπτευσης του κέντρου είναι από το νόμο Bouis-Ballot "όταν στρέφουμε το πρόσωπο στον άνεμο, οι χαμηλές πιέσεις βρίσκονται προς 90^0-135^0 σχετική διόπτευση. Στο βόρειο ημισφαίριο η διόπτευση είναι προς τα Δεξιά (Εικόνα 76), στο Νότιο προς τα Αριστερά (Εικόνα 77)".

Η απόσταση υπολογίζεται από την ταχύτητα που μειώνεται η ένδειξη του βαρόμετρου ή το RADAR.

Σε κάθε κυκλώνα διακρίνουμε το *Πλεύσιμο και το Επικίνδυνο Ημικύκλιο*. Το επικίνδυνο ημικύκλιο είναι εκείνο στο οποίο ο άνεμος μας κατευθύνει στην πορεία του κυκλώνα. Άρα στο Βόρειο Ημισφαίριο είναι το ημικύκλιο εκείνο που βρίσκεται δεξιά από την πορεία του κυκλώνα (Εικόνα 76) και στο Νότιο Αριστερά (Εικόνα 77).

Η πορεία του κυκλώνα, και κατά συνέπεια το πλεύ-

σιμο και το επικίνδυνο ημικύκλιο μπορούν να προσδιορισθούν από διαδοχικά μετεωρολογικά δελτία που δίνουν την κίνηση του κυκλώνα, ή από το RADAR, αλλά ο πιο αξιόπιστος τρόπος είναι από την αλλαγή διεύθυνσης του ανέμου. Αν η διεύθυνση του ανέμου μεταβάλλεται προς τα δεξιά στο βόρειο ημισφαίριο (αριστερά στο Νότιο), τότε το πλοίο βρίσκεται στο επικίνδυνο ημικύκλιο του κυκλώνα[46].



Εικόνα 76: Πλεύσιμο και επικίνδυνο ημισφαίριο κυκλώνα στο βόρειο ημισφαίριο.

Το πλοίο που βρίσκεται στον κυκλώνα, πρέπει να ακολουθήσει πορεία που το οδηγεί όσο το δυνατόν πιο μακριά από το κέντρο του. Στο Βόρειο ημισφαίριο, θα πρέπει να έχει τον άνεμο στη δεξιά μάσκα, αν είναι στο επικίνδυνο ημικύκλιο και στο δεξιό ισχύο αν είναι στο πλεύσιμο. Στο νότιο ημισφαίριο, ισχύει ο ίδιος κανόνας, αλλά για το αριστερό ισχίο και την αριστερή μάσκα.

Προφυλάξεις Πλοίου σε Λιμάνι

Όταν υπάρχει ένδειξη ότι προσεγγίζει κυκλώνας, οι κυβερνήτες των ελλιμενισμένων πλοίων πρέπει να εξετάσουν προσεκτικά την κατάσταση και να λάβουν όλα τα μέτρα που επιβάλλονται για την αντιμετώπισή του.

Αν το κέντρο του κυκλώνα περνά σε απόσταση μικρότερη από 50 μίλια από το λιμάνι, η παραμονή σε αυτό είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη. Αν υπάρχει χρόνος και το πλοίο διαθέτει αρκετή ταχύτητα, ώστε να απομακρυνθεί έγκαιρα από την πορεία του κυκλώνα, είναι προτιμότερο να αποπλεύσει. Σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει, αναγκαστικά, να αναζητήσει υπήνεμο και προστατευμένο αγκυροβόλιο.



Εικόνα 77: Πλεύσιμο και επικίνδυνο ημισφαίριο κυκλώνα στο νότιο ημισφαίριο.

Όλα τα αγκυροβολημένα πλοία πρέπει να λαμβάνουν πάντοτε υπόψη ότι, καθώς ο κυκλώνας προσεγγίζει στην ξηρά, δημιουργείται παλιρροιακό κύμα που μπορεί να υψώσει τη στάθμη της θάλασσας μέχρι και 4.5 μέτρα

[46] *Εννοείται ότι, για να προσδιορίσουμε το ημικύκλιο, έχουμε φέρει το πλοίο με την πλώρη στον άνεμο, ώστε στη συνέχεια να συγκρίνουμε τη μεταβολή της διεύθυνσης σε σχέση με την αναπρώρηση.*

Περίληψη

• Οι τροπικοί κυκλώνες είναι χαμηλά βαρομετρικά συστήματα που δημιουργούνται στην περιοχή των τροπικών, και χαρακτηρίζονται από τεράστια συγκέντρωση ενέργειας σε περιορισμένο γεωγραφικά χώρο, από όπου και οι καταστροφικές τους συνέπειες. Υποδιαιρούνται σε Τροπικές Διαταραχές (Διάμετρος 100-300 μίλια, χωρίς δυνατούς ανέμους), Τροπικές Υφέσεις (άνεμοι έως 33 κόμβους), Τροπικές Καταιγίδες (Άνεμοι από 33-63 κόμβους), Κυκλώνες ή Τυφώνες (άνεμοι άνω των 64 κόμβων).

• Η δημιουργία λοιπόν των τροπικών κυκλώνων οφείλεται σε συνδυασμό της αστάθειας θερμών και υγρών αερίων μαζών των τροπικών ωκεανών που δημιουργούν τροπική ύφεση, με την ανώτερη ατμοσφαιρική κυκλοφορία που διασκορπίζει τον ανερχόμενο αέρα, εμποδίζοντας την εξασθένιση της ύφεσης, όπως θα συνέβαινε σε μεγαλύτερα πλάτη και ενισχύοντας αντίθετα το φαινόμενο μέχρι το σχηματισμό κυκλώνα.

• Στα αρχικά στάδια του σχηματισμού τους, οι τροπικοί κυκλώνες καλύπτουν μία έκταση με διάμετρο περί τα 100 μίλια. Οι άνεμοι στην περιοχή αυτή ξεπερνούν σε ταχύτητα τους 64 κόμβους. Η περιοχή του κυκλώνα καλύπτεται από σωρειτόμορφη νέφωση (Σωρείτες, Σωρειτομελανίες), που συνοδεύονται από καταρρακτώδεις βροχές και καταιγίδες. Οι άνεμοι γίνονται ισχυρότεροι από την περιφέρεια προς το κέντρο, αποκτούν δε τη μέγιστη έντασή τους ακριβώς γύρω από το μάτι του κυκλώνα. Ακριβώς στο κέντρο (το μάτι του κυκλώνα), μία περιοχή διαμέτρου 14-25 μιλίων ο άνεμος κοπάζει τελείως (ταχύτητες 15 κόμβων και μικρότερες) και η νέφωση αραιώνει σημαντικά.

• Οι τροπικοί κυκλώνες εμφανίζονται σχεδόν πάντοτε σε έξι συγκεκριμένες περιοχές που είναι ο Βόρειος Ατλαντικός, ο Βορειοανατολικός Ειρηνικός, ο Βορειοδυτικός Ειρηνικός, ο Βόρειος Ινδικός, ο Νότιος Ινδικός, και τέλος η περιοχή Νοτιοδυτικού Ειρηνικού και Αυστραλίας. Δεν έχουν παρατηρηθεί καθόλου κυκλώνες στο Νότιο Ατλαντικό και το Νότιο Ειρηνικό Ωκεανό, Ανατολικά από το μεσημβρινό των 140° Δυτικό.

• Στο Βόρειο Ημισφαίριο οι κυκλώνες έχουν πορείες μεταξύ 275° και 350°. Σε βόρειο γεωγραφικό πλάτος 25° στρέφουν και παίρνουν Βορειοανατολική πορεία. Στο Νότιο Ημισφαίριο κινούνται αρχικά σε Δυτικές-Νοτιοδυτικές ή Νότιες-Νοτιοδυτικές πορείες, και σε νότια πλάτη 15° έως 20° στρέφουν σε Νοτιοανατολικές πορείες. Το σημείο, στο οποίο συμβαίνει η αλλαγή πορείας, λέγεται σημείο καμπής (recurvature point). Το σημείο αναστροφής κυκλώνα είναι το δυτικότερο σημείο που φθάνει ο κυκλώνας, πριν στραφεί σε πορεία που τον απομακρύνει από τον Ισημερινό.

• Οι ενδείξεις ότι πλησιάζει τροπικός κυκλώνας είναι η αποθαλασσία (έρχεται από τη διόπτευση του κέντρου), η γρήγορη πτώση της βαρομετρικής πίεσης και η νέφωση (Θύσανοι και Υψοστρώματα αρχικά, σωρειτομελανίες στη συνέχεια). Απότομες αλλαγές του ανέμου είναι ένδειξη προσέγγισης κυκλώνα. Τέλος, στο RADAR ο κυκλώνας δίνει χαρακτηριστική ηχώ.

• Η θέση του κέντρου ενός κυκλώνα εκτιμάται ως εξής: Η διόπτευση του κέντρου μπορεί να προσδιοριστεί από την αποθαλασσία ή από το RADAR ή από τον άνεμο, χρησιμοποιώντας νόμο Bouis-Ballot. Η απόσταση υπολογίζεται από την ταχύτητα που μειώνεται η ένδειξη του βαρόμετρου ή το RADAR.

• Σε κάθε κυκλώνα διακρίνουμε το Πλεύσιμο και το Επικίνδυνο Ημικύκλιο. Το επικίνδυνο ημικύκλιο είναι εκείνο στο οποίο ο άνεμος μας κατευθύνει στην πορεία του κυκλώνα. Άρα στο Βόρειο Ημισφαίριο βρίσκεται δεξιά από την πορεία του κυκλώνα και στο Νότιο Αριστερά. Το ημικύκλιο, που βρίσκεται το πλοίο, προσδιορίζεται από τη διεύθυνση του ανέμου, όταν έχουμε φέρει το πλοίο "*επάνω στον άνεμο*". Αν αυτή μεταβάλλεται προς τα δεξιά, στο βόρειο ημισφαίριο (αριστερα στο Νότιο), τότε το πλοίο βρίσκεται στο επικίνδυνο ημικύκλιο του κυκλώνα.

• Στο βόρειο ημισφαίριο το πλοίο που βρίσκεται στον κυκλώνα, για να απομακρυνθεί απο το κέντρο του θα πρέπει να έχει τον άνεμο στη δεξιά μάσκα, αν είναι στο επικίνδυνο ημικύκλιο και στο δεξιό ισχίο, αν είναι στο πλεύσιμο. Στο νότιο ημισφαίριο, ισχύει ο ίδιος κανόνας, αλλά για το αριστερό ισχίο και την αριστερή μάσκα αντίστοιχα.

• Αν το κέντρο του κυκλώνα περνά σε απόσταση μικρότερη από 50 μίλια από το λιμάνι, η παραμονή σε αυτό είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη. Αν υπάρχει χρόνος και το πλοίο διαθέτει αρκετή ταχύτητα, είναι προτιμότερο να αποπλεύσει και να προσπαθήσει να απομακρυνθεί από την πορεία του κυκλώνα. Σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει, αναγκαστικά να αναζητήσει υ-

πήνεμο και προστατευμένο αγκυροβόλιο. Όταν κυκλώνας προσεγγίζει στην ξηρά, δημιουργείται παλιρροιακό κύμα που μπορεί να υψώσει τη στάθμη της θάλασσας μέχρι και 4.5 μέτρα, και αποτελεί έναν ακόμη κίνδυνο για πλοία στο λιμάνι.

Ερωτήσεις Επανάληψης

- Τι είναι οι τροπικοί κυκλώνες; Σε τι διαφέρουν από τις υφέσεις; Σε τι υποδιαιρούνται;
- Μπορείτε να δώσετε μια σύντομη περιγραφή των χαρακτηριστικών του κυκλώνα;
- Πώς κινούνται οι κυκλώνες στο Βόρειο και πώς στο Νότιο Ημισφαίριο; Τι είναι το σημείο καμπής ή αναστροφής;
- Μπορείτε να περιγράψετε, με συντομία, πώς διαπιστώνετε ότι προσεγγίζει κυκλώνας;
- Με ποιούς τρόπους μπορείτε να έχετε μία εκτίμηση της θέσης του κέντρου ενός κυκλώνα σχετικά με το πλοίο σας; Εξηγείστε γράφοντας μία ή δύο σύντομες παραγράφους.
- Ποιο είναι το πλεύσιμο και ποιο το επικίνδυνο ημικύκλιο, σε σχέση με την πορεία ενός κυκλώνα, στο Βόρειο και το Νότιο Ημισφαίριο; Εξηγείστε.
- Στην Εικόνα 76 δείξτε πώς μεταβάλλεται η διεύθυνση του ανέμου, όταν το πλοίο βρίσκεται στο πλεύσιμο ημικύκλιο και πώς όταν βρίσκεται στο επικίνδυνο. Κάντε το ίδιο για την Εικόνα 77.
- Στην Εικόνα 76 δείξτε πώς το πλοίο που βρίσκεται στο πλεύσιμο ημικύκλιο, έχοντας τον άνεμο στο δεξιό ισχίο μπορεί να απομακρυνθεί από τον κυκλώνα. Κάντε το ίδιο για την Εικόνα 77, για πλοίο στο πλεύσιμο ημισφαίριο που χειρίζει με τον άνεμο στο αριστερό ισχίο.
- Στην Εικόνα 76 δείξτε πώς το πλοίο που βρίσκεται στο επικίνδυνο ημικύκλιο, έχοντας τον άνεμο στη δεξιά μάσκα, μπορεί να απομακρυνθεί από τον κυκλώνα. Κάντε το ίδιο για την Εικόνα 77, για πλοίο στο επικίνδυνο ημισφαίριο που χειρίζει με τον άνεμο στην αριστερή μάσκα.
- Τι πρέπει να κάνει ένα πλοίο στο λιμάνι, όταν υπάρχουν ενδείξεις ότι πλησιάζει κυκλώνας;

Ασκήσεις-Εργασίες

- Αντιγράψτε την Εικόνα 74 και σημειώστε για καθεμιά από τις έξι περιοχές δημιουργίας κυκλώνων το τοπικό όνομα τους και τις περιόδους που δημιουργούνται.

Ανάλυση και Πρόγνωση Καιρού

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθουμε:

ΝΕΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ	**ΟΡΟΛΟΓΙΑ**
Να παίρνουμε Μετεωρολογικές Παρατηρήσεις	*Πρόγνωση Καιρού,*
Να κατανοούμε τους χάρτες καιρού	*Συνοπτικός Χάρτης, Μετεωρολογικός Χάρτης ή χάρτης καιρού επιφάνειας, Σύνταξη-Ανάλυση του Χάρτη.*
Να εκτελούμε πρόγνωση επικινδύνων για τη ναυσιπλοΐα καταστάσεων, χρησιμοποιώντας τις παρατηρήσεις μας, τα δελτία καιρού, τους μετεωρολογικούς χάρτες και κάθε διαθέσιμη πληροφορία	*Κανόνας Εμμονής, Γεωστροφικού Ανέμου και Βαρομετρικής Τάσης.*
Να γνωρίζουμε τις υπηρεσίες που παρέχουν μετεωρολογικές πληροφορίες, διεθνώς.	*Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός, Τηλομοιότυπο (Facsimile), NAVTEX.*

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα επαναλάβουμε μερικά θέματα που ήδη έχουμε αναφέρει στα προηγούμενα κεφάλαια και θα τα συνδυάσουμε μεταξύ τους, αλλά και με νέες γνώσεις που αφορούν τη μετεωρολογική πρόγνωση. Θα μάθουμε πώς να εφαρμόζουμε τις γνώσεις αυτές με τέτοιο τρόπο, ώστε να εκμεταλλευόμαστε κάθε διαθέσιμη πληροφορία για να μπορούμε να προβλέπουμε έγκαιρα επικίνδυνες καταστάσεις για τη ναυσιπλοία στο δρομολόγιο ή την περιοχή που ταξιδεύουμε, και να παίρνουμε τις προφυλάξεις που πρέπει.

Πρόγνωση Καιρού

Γενικά

Η πρόγνωση του καιρού είναι η περιγραφή των καιρικών συνθηκών που αναμένονται σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή και χρονική περίοδο, συνήθως στο άμεσο μέλλον. Αξιόπιστη πρόγνωση μπορούμε να έχουμε για εικοσιτέσσερις ώρες περίπου.

Η πρόγνωση του καιρού, στο μέλλον, βασίζεται στην κατανόηση των φυσικών διεργασιών που δημιουργούν τα καιρικά φαινόμενα και στην παρατήρηση των καιρικών συνθηκών που επικρατούν στο παρόν.

Τα στάδια ανάλυσης και πρόγνωσης του καιρού είναι:

- ***Η συγκέντρωση των μετεωρολογικών παρατηρήσεων*** *από σταθμούς, αναφορές πλοίων, δελτία κτλ.*
- ***Η σύνταξη των χαρτών καιρού επιφάνειας,*** *όπου καταχωρούνται μετεωρολογικά στοιχεία, θερμοκρασία, πίεση, άνεμος, ποσοστά νέφωσης, διανύσματα ανέμου, είδη νεφών κτλ.*
- ***Η ανάλυση των χαρτών καιρού,*** *όπου χαράσσονται ισοβαρείς, μέτωπα, κτλ. και γίνεται σύγκριση με προηγούμενους χάρτες.*
- ***Η πρόγνωση,*** *η οποία, στην περίπτωσή μας, γίνεται με βάση απλούς κανόνες.*

Συγκέντρωση Μετεωρολογικών Στοιχείων απο Σταθμούς.

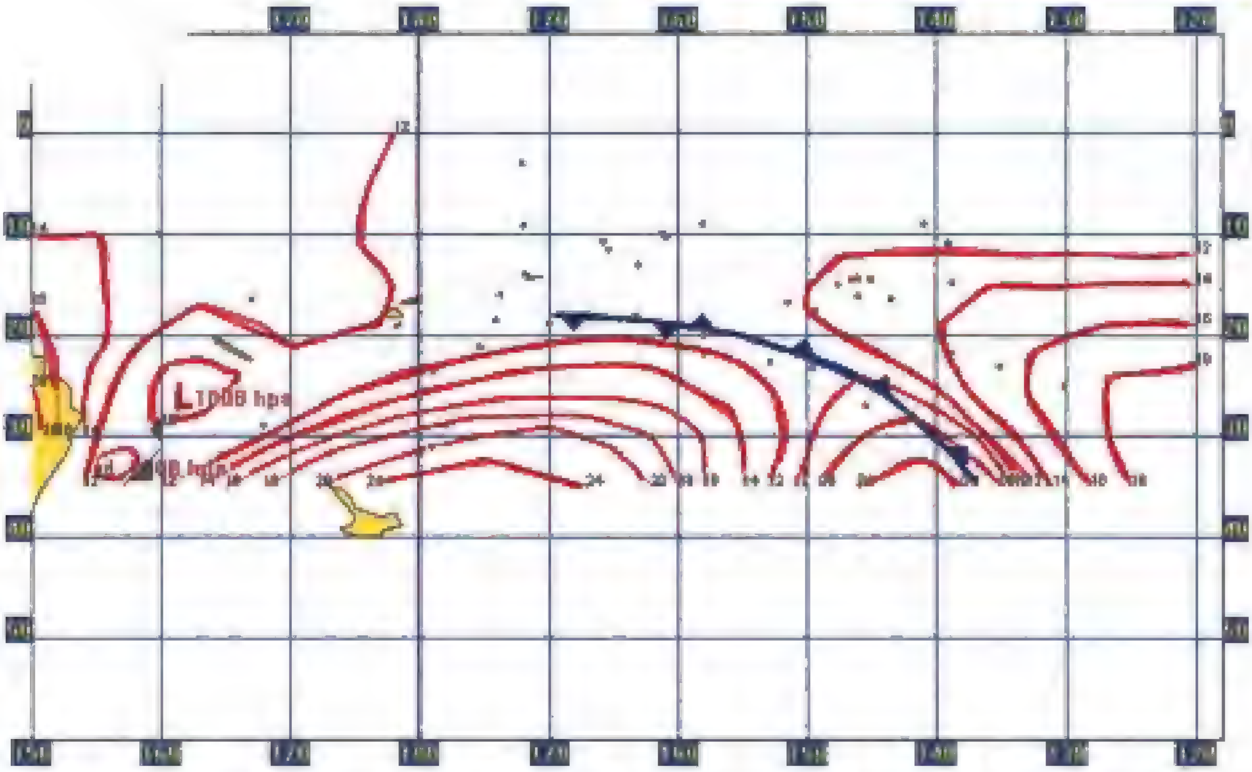
Ως σταθμούς θεωρούμε τόσο τους μετεωρολογικούς σταθμούς της ξηράς[47], όσο και τα πλοία που αναφέρουν παρατηρήσεις καιρού.

Οι κύριες μετεωρολογικές παρατηρήσεις γίνονται συνήθως ανά εξάωρο (00:00, 06:00, 12:00, 18:00 GMT) και σε ορισμένους ανά τρίωρο ή και συχνότερα (π.χ. στα μεγάλα αεροδρόμια ανά ημίωρο).

Οι αναφορές των διαφόρων σταθμών έχουν συγκεκριμένη μορφή, που καθορίζεται από τον Διεθνή Μετεωρολογικό Οργανισμό (WMO[48]). Ορισμένες από αυτές είναι ελευθέρου κειμένου, ενώ άλλες είναι κωδικοποιημένες. Οι κωδικοποιημένες αναφορές[49] είναι δυσκολότερες στην ανάγνωση, αλλά περιέχουν ολόκληρη μετεωρολογική παρατήρηση σε μερικές ομάδες των 5 αριθμών.

Εδώ δεν θα αναλύσουμε με λεπτομέρεια τα μηνύματα αυτά. ΄Ενα παράδειγμα τυποποιημένου μηνύματος δίνεται παρακάτω, μαζί με τη μετάφρασή του(στην επόμενη σελίδα) (Εικόνα 78).

ASPS20 NFFN 200000~
DCC PASS NAVY
10001 33388 02000
99900 81208 73456 73456 10000 81208 72761 72761 01810
99911 66627 72760 73160 73557 01610 66450 61870 61960 62152 62446
63040 63537 01025 99922 44010 72960 72764 72466 72263 72360 72559
72859 72960 44010 73455 73457 73358 73258 73157 73255 73455 44012
70078 70576 71075 71578 71977 72170 71763 72158 72556 73055 73554
44012 73560 73068 72575 62275 62065 62256 62553 63052 63553 44014
71050 71055 71556 72056 72554 73054 44014 73563 73070 72776 62579
62370 62362 62756 63155 63555 44016 71750 72252 72652 73052 44016
73565 73171 72878 62674 62665 62761 63058 63558 44018 72550 73051
44018 73568 73174 62876 62867 63062 63560 44020 73572 73180 62970
63165 63562 44024 73576 63275 63567 44010 63551 62849 62446 62740
63037 63534 44008 63549 63046 62842 63138 63535 44004 63546 63241
63538 44012 61220 61230 61240 61247 61550 61850 62145 62540 63036
63533 44014 61520 61530 61536 61940 62538 63034 63531 44016 61920
61927 62233 62633 63031 63528 44018 62320 62427 62927 63525 19191



Εικόνα 78: Μήνυμα σε μορφή IAC FLEET (επάνω) και χάρτης καιρού επιφάνειας που συντάσσεται με την αποκωδικοποίηση του μηνύματος (κάτω). Στο επόμενο πλαίσιο,(επόμενη σελίδα) εκτίθεται και η μετάφραση του μηνύματος.

[47] *Πολλοί απο αυτούς μάλιστα σε πολικές ή έρημες περιοχές, είναι αυτόματοι, δηλαδή λειτουργούν χωρίς προσωπικό.*

[48] *WMO Publication No 9*

[49] *International Analysis Code FLEET (Λεπτομέρειες βρίσκονται σε εκδόσεις του WMO, αλλά και στο "Admiralty List of Radio Signals, Volume 3")*

asps20 nffn 200000˜ dcc pass navy
10001 33388 02000
Pressure Systems:
81208 -- Low. Characteristics: Little change.
Central pressure 1008 hpa 34s-156e 34s-156e Stationary.
81208 -- Low. Characteristics: Little change.
Central pressure 1008 hpa 27s-161e 27s-161e moving 180 degrees at 10 knots
Frontal Systems
66627 -- Occluded front. Intensity: Weak. . Characteristics: with waves
27s-160e 31s-160e 35s-157e moving 160 degrees at 10 knots
66450 -- Cold front at the surface. Intensity: Moderate. . Characteristics: No specification
18s-170w 19s-160w 21s-152w 24s-146w 30s-140w 35s-137w moving 100 degrees at 25 knots
Isopleths
1010 hpa Isobar: 29s-160e 27s-164e 24s-166e 22s-163e 23s-160e 25s-159e 28s-159e 29s-160e
1010 hpa Isobar: 34s-155e 34s-157e 33s-158e 32s-158e 31s-157e 32s-155e 34s-155e
1012 hpa Isobar: 00s-178e 05s-176e 10s-175e 15s-178e 19s-177e 21s-170e 17s-163e 21s-158e 25s-156e 30s-155e 35s-154e
1012 hpa Isobar: 35s-160e 30s-168e 25s-175e 22s-175w 20s-165w 22s-156w 25s-153w 30s-152w 35s-153w
1014 hpa Isobar: 10s-150e 10s-155e 15s-156e 20s-156e 25s-154e 30s-154e
1014 hpa Isobar: 35s-163e 30s-170e 27s-176e 25s-179w 23s-170w 23s-162w 27s-156w 31s-155w 35s-155w
1016 hpa Isobar: 17s-150e 22s-152e 26s-152e 30s-152e
1016 hpa Isobar: 35s-165e 31s-171e 28s-178e 26s-174w 26s-165w 27s-161w 30s-158w 35s-158w
1018 hpa Isobar: 25s-150e 30s-151e
1018 hpa Isobar: 35s-168e 31s-174e 28s-176w 28s-167w 30s-162w 35s-160w
1020 hpa Isobar: 35s-172e 31s-180e 29s-170w 31s-165w 35s-162w
1024 hpa Isobar: 35s-176e 32s-175w 35s-167w
1010 hpa Isobar: 35s-151w 28s-149w 24s-146w 27s-140w 30s-137w 35s-134w
1008 hpa Isobar: 35s-149w 30s-146w 28s-142w 31s-138w 35s-135w
1004 hpa Isobar: 35s-146w 32s-141w 35s-138w
1012 hpa Isobar: 12s-120w 12s-130w 12s-140w 12s-147w 15s-150w 18s-150w 21s-145w 25s-140w 30s-136w 35s-133w
1014 hpa Isobar: 15s-120w 15s-130w 15s-136w 19s-140w 25s-138w 30s-134w 35s-131w
1016 hpa Isobar: 19s-120w 19s-127w 22s-133w 26s-133w 30s-131w 35s-128w
1018 hpa Isobar: 23s-120w 24s-127w 29s-127w 35s-125w

Υπάρχουν πλοία τα οποία δίνουν τακτικά μετεωρολογικές αναφορές σε *εθελοντική βάση*[50], όταν ταξιδεύουν. Οι παρατηρήσεις και οι αναφορές τους ακολουθούν ένα ενιαίο πρότυπο που θεσπίσθηκε από το *Πρόγραμμα Εθελοντικών Παρατηρήσεων Πλοίων του Διεθνούς Μετεωρολογικού Οργανισμού*[51]. Οι υπηρεσίες που παρέχουν αυτά τα πλοία είναι ανεκτίμητες, διότι όχι μόνο γίνεται πυκνότερο το δίκτυο σταθμών μετεωρολογικής παρατήρησης, αλλά, μαζί με τους μετεωρολογικούς δορυφόρους, καλύπτονται περιοχές ωκεανών όπου η πυκνότητα δεδομένων είναι πολύ μικρή, και συνεπώς η μετεωρολογική ανάλυση και πρόβλεψη αμφίβολες.

[50] *Ο αριθμός τους είναι περίπου 7000*

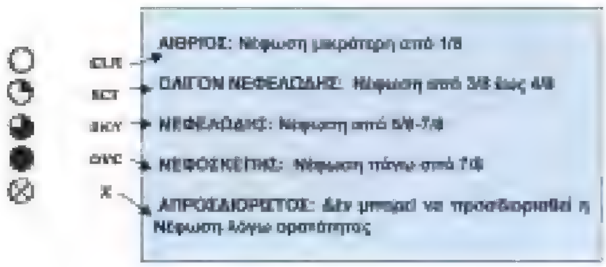
[51] *World Meteorological Organization (WMO) Voluntary Observing Ships' Scheme (VOS).*



Εικόνα 79: Διανύσματα Ανέμου

Κατασκευή Χάρτη Καιρού

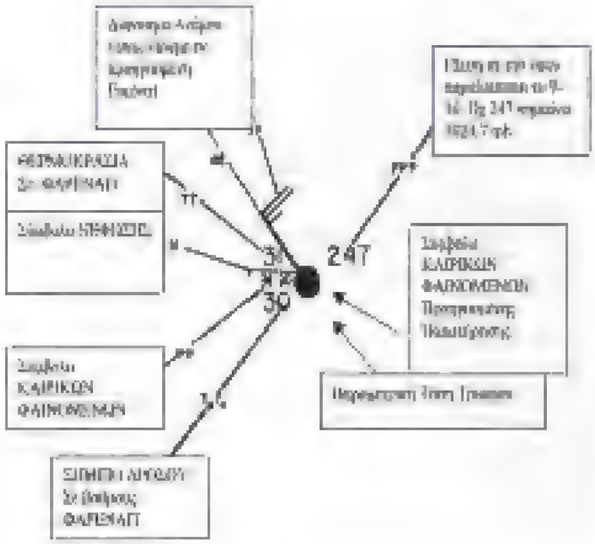
Οι αναφορές στοιχείων καιρού από διάφορους σταθμούς μάς δίνουν, για καθέναν, τις τιμές διαφόρων παρατηρήσεων και μετρήσεων σε δεδομένη γεωγραφική θέση. Για να αποκτήσουμε την εικόνα των συνθηκών καιρού σε μία ευρύτερη γεωγραφική περιοχή, τοποθετούμε τα αποτελέσματα στο χάρτη.



Εικόνα 80: Παραδείγματα συμβόλων νέφωσης που χρησιμοποιούνται στους χάρτες καιρού. Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, University of Wisconsin-Madison

Ο *χάρτης καιρού* ή *μετεωρολογικός χάρτης* δε διαφέρει από τους κοινούς χάρτες[52], όμως σε αυτούς καταχωρούνται με ειδικά σύμβολα τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων καιρού για κάθε σταθμό που αναφέρει και για συγκεκριμένη ώρα.

Η σύνταξη του χάρτη γίνεται μετά από τη λήψη και την αποκωδικοποίηση όλων των μηνυμάτων από τους σταθμούς. Στη θέση που βρίσκεται κάθε σταθμός χαράζεται κατ΄ αρχάς ένας κύκλος, που παριστάνει τη νέφωση(Εικόνα 80) και το διάνυσμα του ανέμου (Εικόνα 79), που παριστάνει τη διεύθυνση και ένταση του ανέμου.

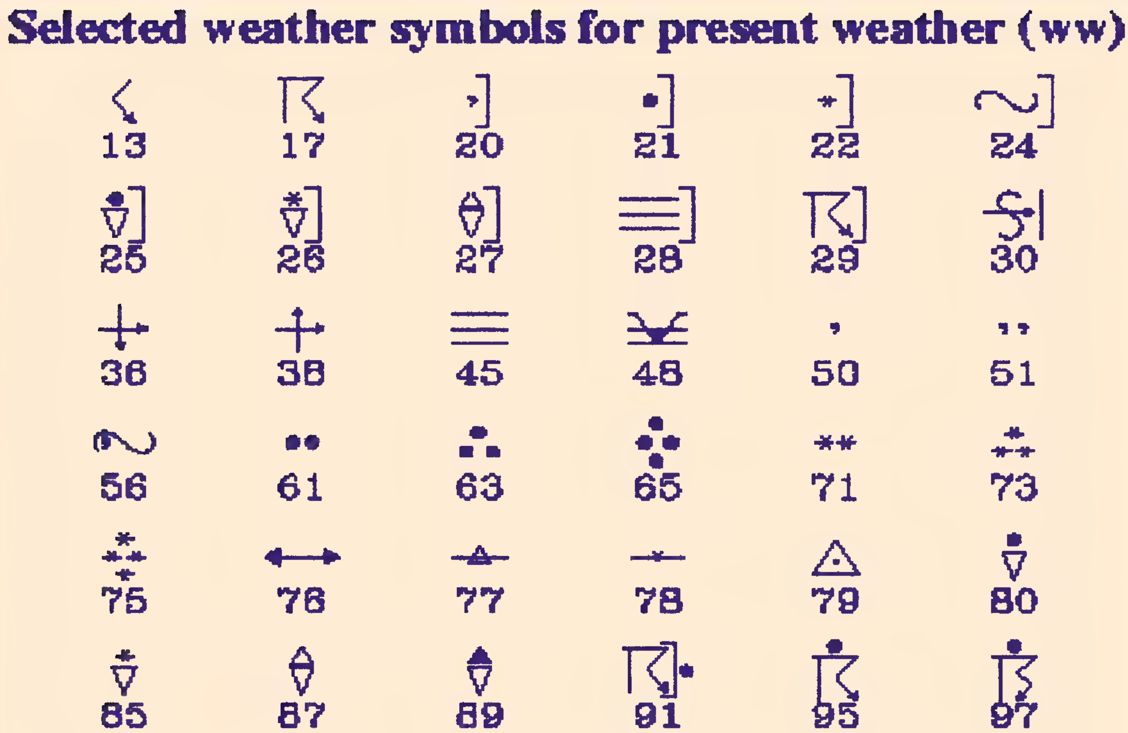


Εικόνα 81: Καταχώρηση αναφοράς σταθμού στο μετεωρολογικό χάρτη. Στη μέση το σύνθετο σύμβολο Ανέμου-Νέφωσης. Γύρω από το σύμβολο τιμές πίεσης, θερμοκρασίας κτλ. (Έχουν παραλειφθεί τα σύμβολα καιρού προηγουμένης παρατήρησης και η βαρομετρική τάση τελευταίου τρίωρου) Από την Ιστοσελίδα του Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, University of Wisconsin-Madison

Γύρω από το σύνθετο σύμβολο, που αναφέραμε παραπάνω, καταχωρούνται οι υπόλοιπες πληροφορίες καιρού του σταθμού (βλ. Εικόνα 81). Ο τρόπος και η θέση γραφής κάθε στοιχείου γύρω από το σύμβολο αυτό καθορίζονται από τον παγκόσμιο μετεωρολογικό οργανισμό. Στην Εικόνα 82 δίνονται μερικά από τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται συχνότερα στους χάρτες καιρού . Στην Εικόνα 83 δίνονται χαρακτηριστικά σύμβολα για τους διαφόρους τύπους νέφωσης.

Τέλος, στην Εικόνα 84 δίνεται ένα παράδειγμα χάρτη καιρού, όπου έχουν καταχωρηθεί όλες οι αναφορές

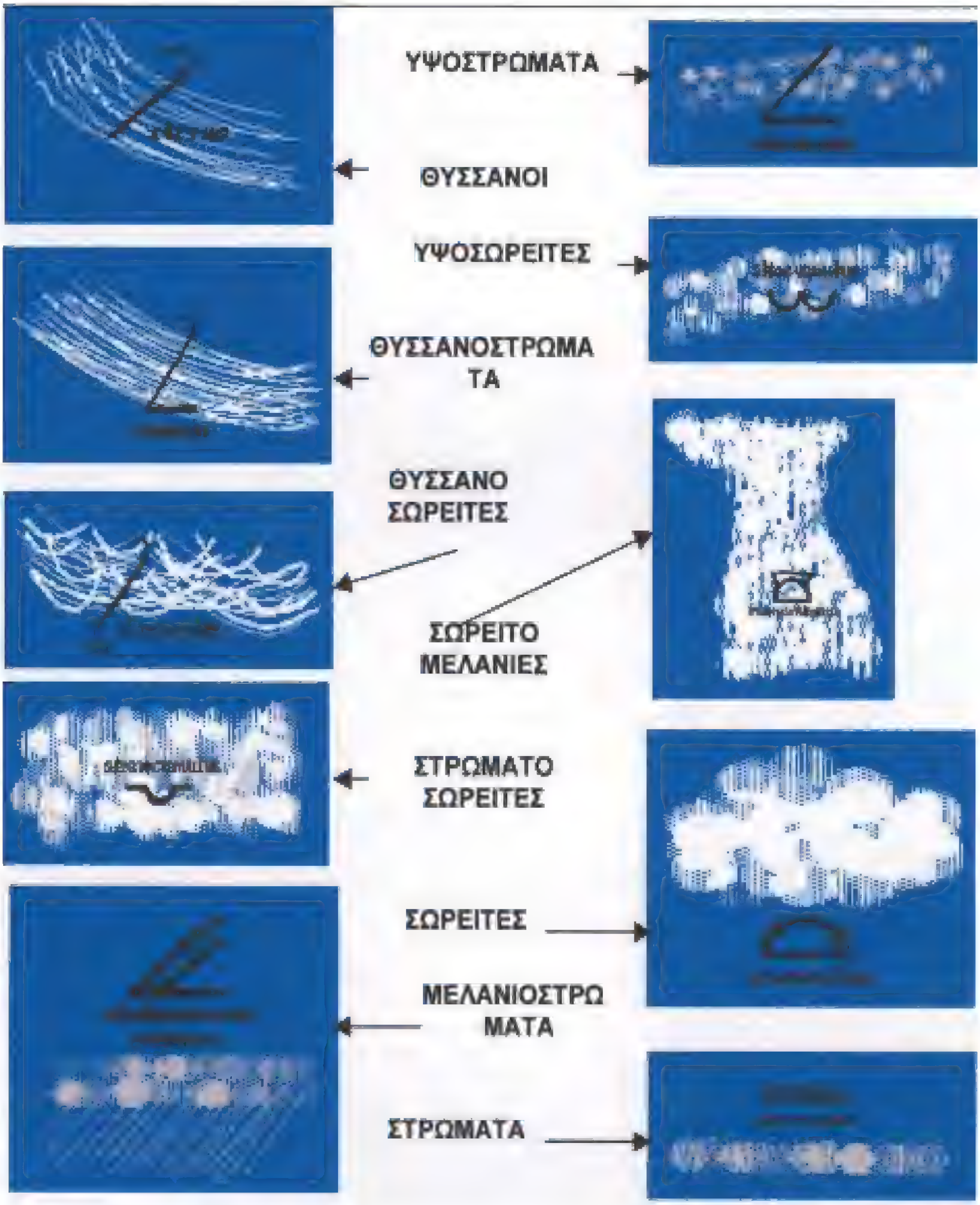
[52] *Η συνηθισμένη τους κλίμακα είναι 1:20000000*



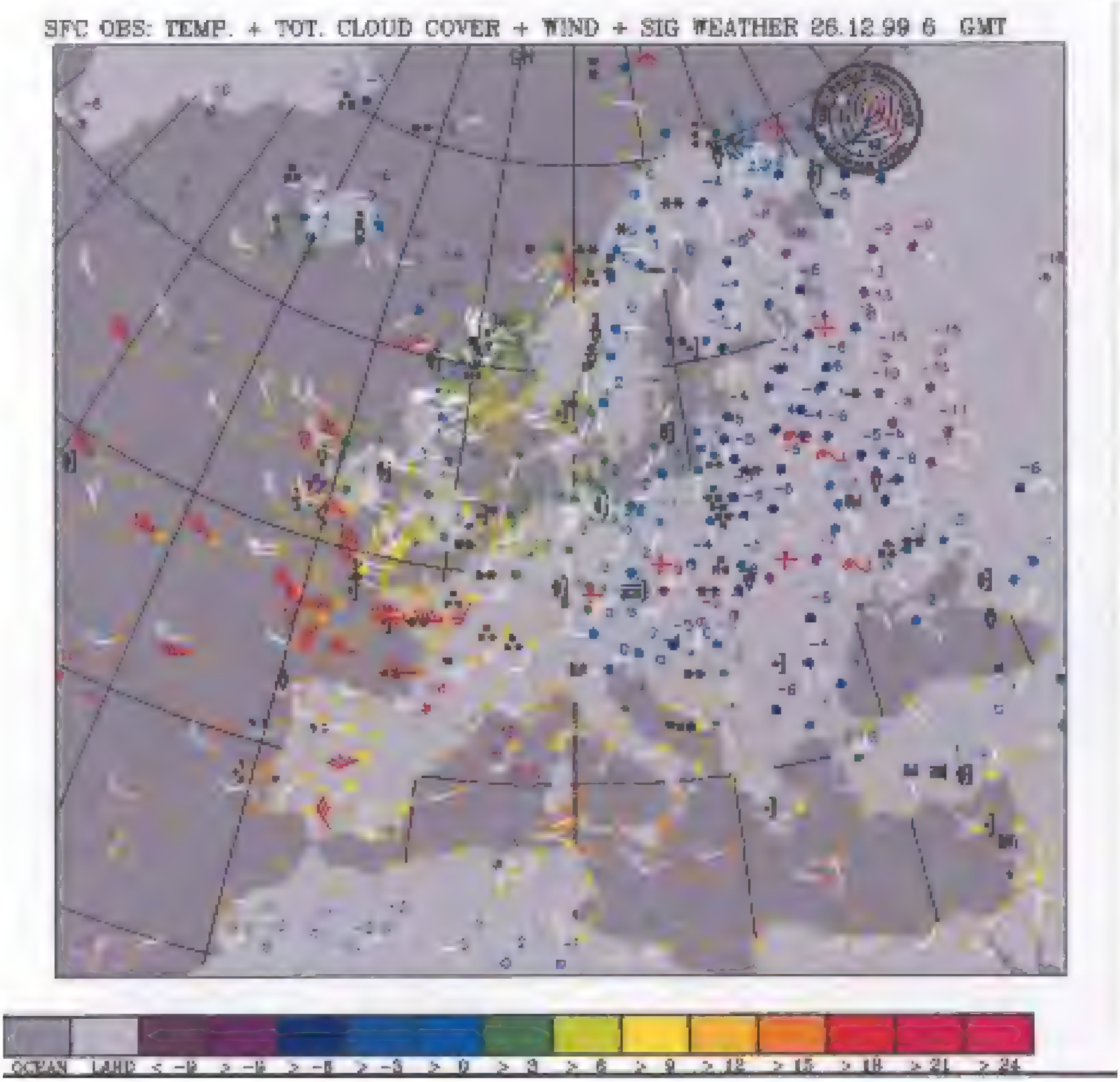
13 Αστραπές
17 Καταιγίδα, Κεραυνοί, δεν παρατηρήθηκε βροχή
20 Ψιχάλα την προηγούμενη ώρα, αλλά όχι τη στιγμή της αναφοράς
21 Βροχή την προηγούμενη ώρα, αλλά όχι τη στιγμή της αναφοράς
22 Χιόνι την προηγούμενη ώρα, αλλά όχι τη στιγμή της αναφοράς
24 Χιονόνερο την προηγούμενη ώρα, αλλά όχι τη στιγμή της αναφοράς
25 Ραγδαία Βροχή την προηγούμενη ώρα, αλλά όχι τη στιγμή της αναφοράς
26 Έντονη χιονόπτωση την προηγούμενη ώρα, αλλά όχι τη στιγμή της αναφοράς
27 Βροχή και χαλάζι την προηγούμενη ώρα, αλλά όχι τη στιγμή της αναφοράς
28 Ομίχλη την προηγούμενη ώρα, αλλά όχι τη στιγμή της αναφοράς
29 Καταιγίδα την προηγούμενη ώρα, αλλά όχι τη στιγμή της αναφοράς
36 Λίγο χιόνι παρασυρόμενο από τον άνεμο
38 Πολύ χιόνι παρασυρόμενο από τον άνεμο
48 Ομίχλη που αφήνει και πάχνη
50 Ελαφρό ψιχάλισμα με διακοπές
51 Ελαφρό και συνεχές ψιχάλισμα

45	Ομίχλη	**30**	Αμμοθύελλα
56	Παγωμένες ψιχάλες	**76**	Πάγος σε μορφή βελόνας
61	Συνεχής ελαφρά βροχή	**77**	Κοκκώδες χιόνι
63	Συνεχής μέτρια βροχή	**78**	Χιόνι σε νιφάδες
65	Συνεχής ραγδαία βροχή	**79**	Κομμάτια Πάγου
71	Συνεχής ελαφρά χιονόπτωση	**80**	Ραγδαία Βροχή
73	Συνεχής μεσαία χιονόπτωση	**85**	Ραγδαία χιονόπτωση
75	Συνεχής έντονος χιονόπτωση	**87**	Ραγδαία βροχή με κομμάτια χιονιού
95	Καταιγίδα	**89**	Πτώση χαλαζιού
97	Ισχυρή καταιγίδα	**91**	Καταιγίδα την προηγούμενη ώρα

Εικόνα 82: Μερικά σύμβολα που χρησιμοποιούνται στους χάρτες καιρού.



Εικόνα 83: Σύμβολα που χρησιμοποιούνται στους χάρτες καιρού για τα διάφορα είδη νεφών.



Εικόνα 84: Χάρτης όπου έχουν τοποθετηθεί οι αναφορές καιρού των μετεωρολογικών σταθμών της Ευρώπης (26-12-1999 06:00 GMT). Φαίνονται τα στοιχεία ανέμου, νέφωσης και τα κατά τόπους καιρικά φαινόμενα. Οι θερμοκρασίες αποδίδονται εδώ με διαφορετικούς χρωματισμούς και όχι αριθμητικά. Από την Ιστοσελίδα του Πανεπιστημίου της Κολωνίας.

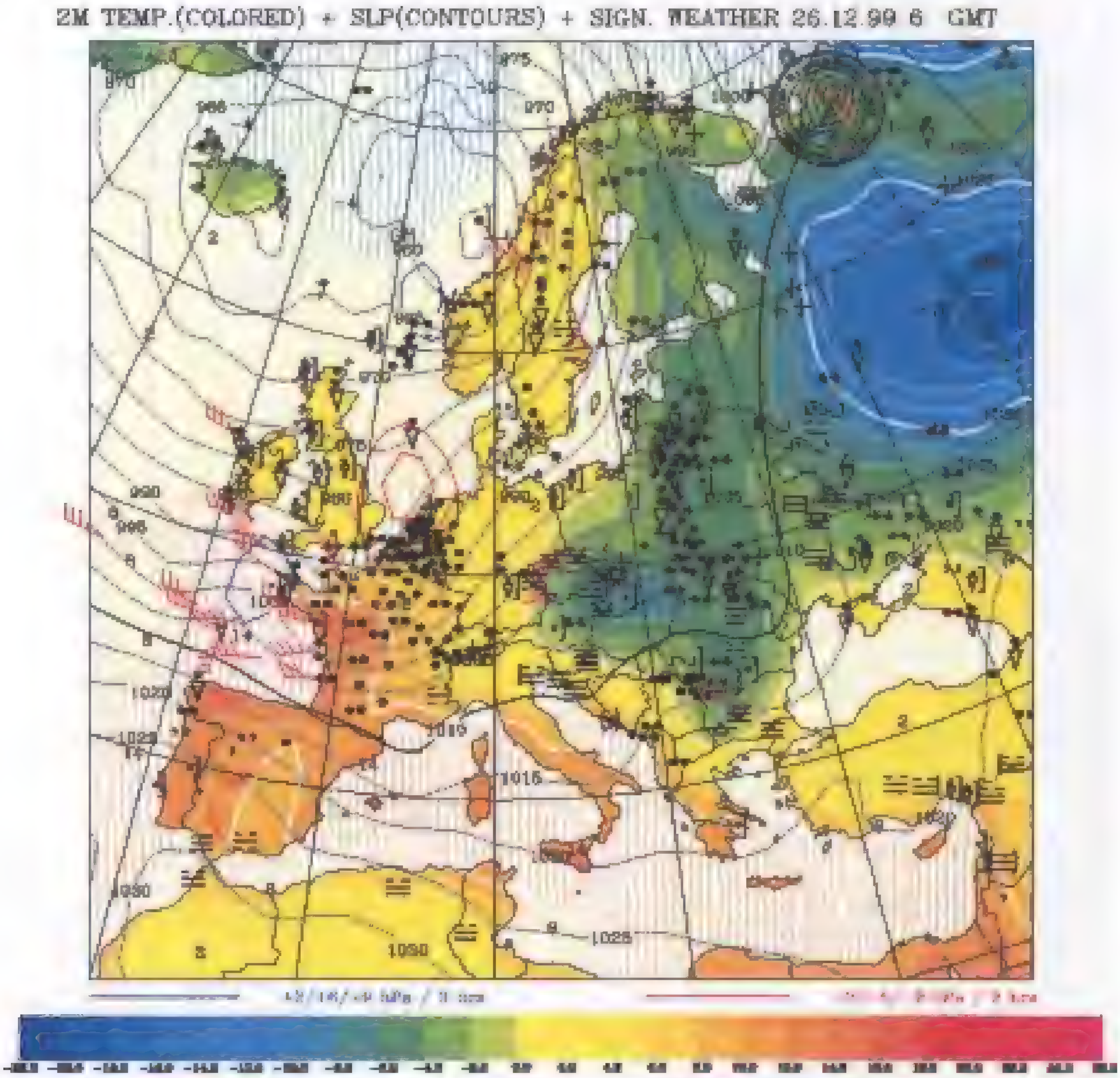
των μετεωρολογικών σταθμών της Ευρώπης την 06:00 GMT της 26ης Δεκεμβρίου 1999.

Ανάλυση Χάρτη Καιρού

Μετά απο τη σύνταξη του χάρτη καιρού (βλ. Για παράδειγμα Εικόνα 84) ακολουθεί η ανάλυση ή αναγνώριση του καιρού, που περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

- *Από τις αναφορές θερμοκρασίας εντοπίζονται και χαράσσονται τα μέτωπα*[54].
- *Χαράσσονται οι ισοβαρείς.*
- *Εντοπίζονται οι διαφορετικές αέριες μάζες και τα συστήματα πίεσης (υφέσεις αντικυκλώνες) και οι διάφορες διαταραχές.*

[54] *Τις περισσότερες φορές χαράσσονται οι ισόθερμες με τον τρόπο που είδαμε στο κεφάλαιο "**Θερμοκρασία του Αέρα**", ή χρωματίζεται η επιφάνεια του χάρτη με διαφορετικά χρώματα για κάθε θερμοκρασία*



Εικόνα 85: Χάρτης καιρού επιφάνειας της Ευρώπης (26-12-1999 06:00 GMT). Φαίνονται και τα στοιχεία ανέμου, νέφωσης και τα κατά τόπους καιρικά φαινόμενα. Οι ισόθερμες αποδίνονται εδώ με διαφορετικούς χρωματισμούς. Από την Ιστοσελίδα του Πανεπιστημίου της Κολωνίας.

- *Συγκρίνεται ο χάρτης με προηγούμενο και διαπιστώνονται οι μεταβολές (οι τάσεις).*

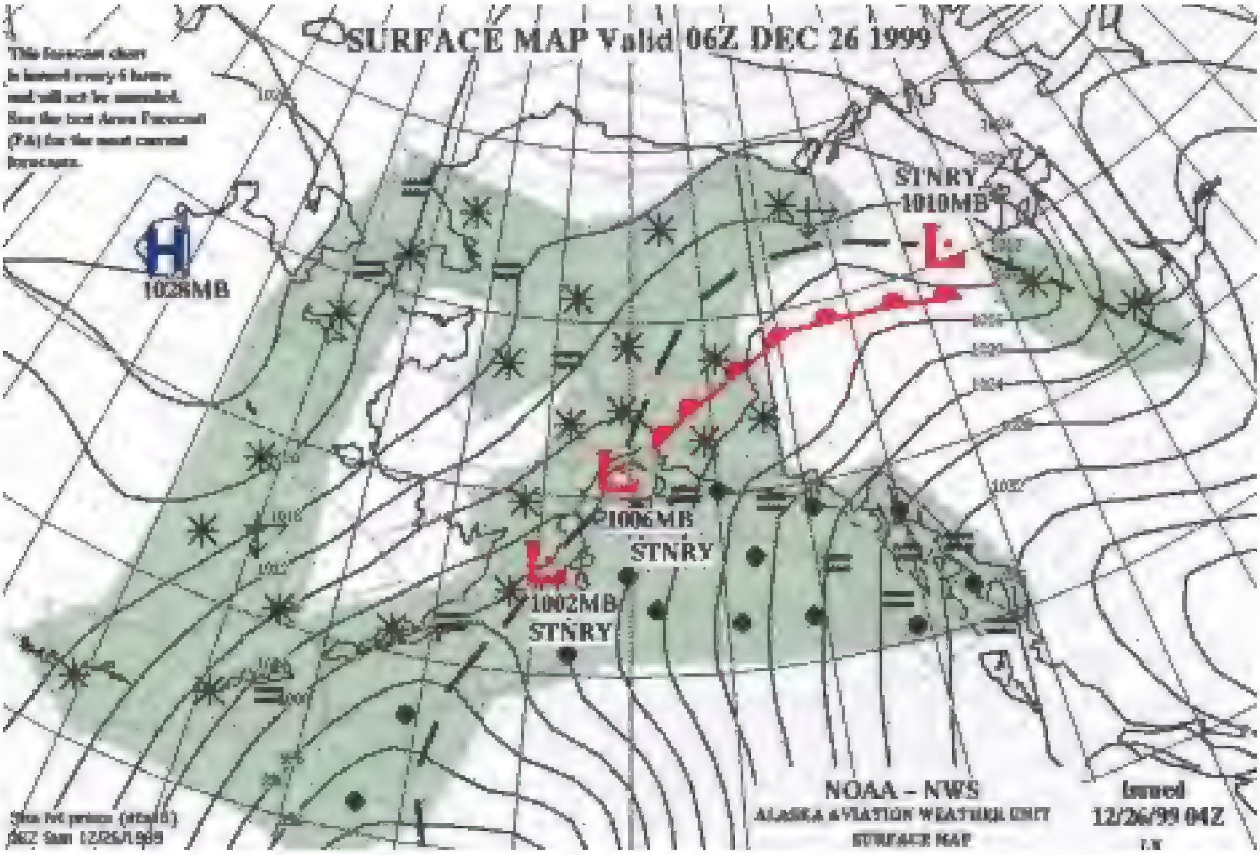
Οι χάρτες που προκύπτουν είναι όμοιοι με εκείνους που παρουσιάζονται στην Εικόνα 85 και την Εικόνα 86.

Μετεωρολογική Πρόγνωση

Μετά την ανάλυση, ακολουθεί η πρόγνωση του καιρού, δηλαδή η εκτίμηση του καιρού μετά από 6, 12, 24 ώρες. Αυτή βασίζεται στο χάρτη καιρού επιφάνειας που κατασκευάσθηκε και, βέβαια στη σύγκρισή του με προηγούμενους, ώστε να έχουμε μία εικόνα της εξέλιξης των καιρικών φαινομένων. Η πρόγνωση, λοιπόν, γίνεται υπολογίζοντας την κίνηση των διαφόρων συστημάτων, απο τα οποία περιμένουμε να επηρεασθεί ο καιρός στη θέση που είμαστε.

Έχουμε πάντοτε υπόψη τους εξής κανόνες πρόγνωσης:

- *Ο Κανόνας της Εμμονής:* Σύμφωνα με τον κανόνα αυτόν "*οι τιμές των κινήσεων και των μεταβολών των συστημάτων που επικρατούσαν στο πρόσφατο πα-*



Εικόνα 86: Χάρτης καιρού επιφάνειας της Αλάσκας (26-12-1999 06:00 GMT). Φαίνονται τα μέτωπα και τα κατά τόπους καιρικά φαινόμενα.

ρελθόν θα διατηρηθούν και στο μέλλον". Με βάση αυτόν τον κανόνα υπολογίζουμε την ταχύτητα κίνησης των βαρομετρικών συστημάτων και μετώπων. Βάσει του υπολογισμού αυτού, εκτιμούμε ότι ο καιρός στην περιοχή μας θα είναι ο χαρακτηριστικός καιρός καθενός από αυτά, όταν φθάσουν σε μας.

- *Ο κανόνας του Γεωστροφικού Ανέμου: "Οι αέριες μάζες μετακινούνται με την ταχύτητα περίπου του γεωστροφικού ανέμου*[55]*"*. Συγκεκριμένα, θερμά μέτωπα, κέντρα υφέσεων και υφέσεις που υφίστανται θερμή σύσφιξη κινούνται με ταχύτητες 60%-80% της ταχύτητας του γεωστροφικού ανέμου. Τα ψυχρά μέτωπα και οι υφέσεις που υφίστανται ψυχρή σύσφιξη κινούνται με ταχύτητες 80%-90% της ταχύτητας του γεωστροφικού ανέμου.
- *Ο κανόνας της βαρομετρικής τάσης: "Υπολογίζουμε τις τιμές της βαρομετρικής πίεσης στο μέλλον ως αποτέλεσμα του γινομένου βαρομετρική τάση επί χρόνο"*. Με βάση αυτόν τον κανόνα μπορούμε να εκτιμήσουμε την εξέλιξη των βαρομετρικών συστημάτων στο κοντινό μέλλον, και μάλιστα δεν περιοριζόμαστε στη κίνηση των συστημάτων, αλλά και στην ενίσχυση ή εξασθένισή τους.

Επιπλέον από τα παραπάνω, πρέπει να έχουμε υπόψη και ορισμένα στοιχεία που αφορούν στη συμπεριφορά των συστημάτων πίεσης, και των μετώπων:

- *Οι υφέσεις σχηματίζονται κοντά σε μετωπικές επιφάνειες, ενισχύονται (βαθαίνουν) και στην συνέχεια εξασθενούν όταν αρχίσει η σύσφιξη του θερμού με το ψυχρό μέτωπο. Συγκεκριμένα οι υφέσεις που έχουν ευρύ θερμό τομέα βαθύνονται, καθώς το ψυχρό μέτωπο πλησιάζει το θερμό. Όταν το ψυχρό μέτωπο φθάσει το θερμό και αρχίσει η σύσφιξη, η ύφεση αρχίζει πλέον να εξασθενεί.*
- *Δευτερεύουσα ύφεση που βαθύνεται μπορεί να απορροφήσει την κυρία ύφεση.*

[55] *Όπως είδαμε στο Κεφάλαιο **"Άνεμος και Κύμα"** η ταχύτητα του Γεωστροφικού ανέμου μπορεί να υπολογισθεί από τις ισοβαρείς με χρήση ειδικού κανόνα (χάρακα).*

- *Τα μέτωπα ακολουθούν τον άνεμο κάθετα στη μετωπική επιφάνεια. Μέτωπο παράλληλο στις ισοβαρείς είναι στάσιμο ή κινείται με πολύ μικρή ταχύτητα.*
- *Οι υφέσεις κινούνται με κατεύθυνση παράλληλη στους ανέμους (άρα και τις ισοβαρείς) του θερμού τομέα τους.*

Παροχή Μετεωρολογικών Πληροφοριών στα Πλοία

Γενικά

Οι εθνικές μετεωρολογικές υπηρεσίες των περισσοτέρων κρατών εκδίδουν προγνώσεις καιρού και δελτία αναγγελίας θύελλας για τις περιοχές τους. Ο συντονισμός τους γίνεται από τον *Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό* που, όπως είδαμε παραπάνω, δίνει κατευθυντήριες οδηγίες για τη διαδικασία παρατήρησης και αναφοράς.

Αγγελίες-Μετεωρολογικά Δελτία

Σύμφωνα με τους κανονισμούς του Παγκόσμιου Συστήματος Προειδοποίησης και Ασφάλειας[56] "Κάθε πλοίο, εν πλω, πρέπει να παρακολουθεί τις εκπομπές αγγελιών που έχουν σχέση με την ασφάλεια πλου στις κατάλληλες συχνότητες, όπου εκπέμπονται αυτές οι αγγελίες, για την περιοχή που ταξιδεύει.".

Υπάρχουν διάφορες εκδόσεις που μπορεί να συμβουλευθεί ένα πλοίο που ταξιδεύει, σχετικά με τις υπηρεσίες που εκδίδουν αγγελίες και μετεωρολογικά δελτία στην περιοχή που κινείται. Οι σημαντικότερες απο αυτές προέρχονται από το Βρετανικό Ναυαρχείο ή τις ΗΠΑ και είναι

Admiralty List of Radio Signals, Volume 3: Περιέχει, με λεπτομέρεια, τους κώδικες που χρησιμοποιούν τα πλοία στις αναφορές καιρού, τις μορφές των μετεωρολογικών μηνυμάτων από στους σταθμούς ξηράς προς τα πλοία, καθώς και χρόνους, συχνότητες και διακριτικά κλήσης των σταθμών αυτών.

Selected Worldwide Marine Weather Broadcast: Εκδίδεται απο την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία και την Ωκεανογραφική Υπηρεσία του Ναυτικού των ΗΠΑ σε συνεργασία, και περιέχει όλες τις πληροφορίες που αφορούν στην ασύρματη εκπομπή δελτίων καιρού.

[56] *Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS).*

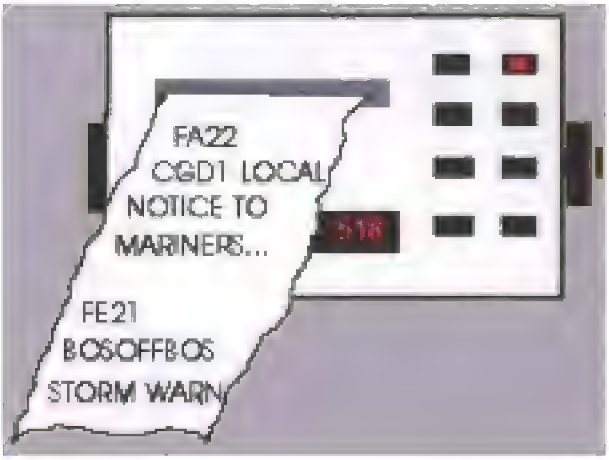
Το Τηλομοιότυπο (Facsimile)

Το Τηλομοιότυπο (Facsimile) είναι ένα νέο ασύρματο μέσο που μεταδίδει έτοιμους χάρτες καιρού (αντίστοιχα με το FAX). Το πλοίο δε χρειάζεται να κάνει αποκωδικοποίηση και σχεδίαση χάρτη, δεδομένου ότι αυτός μεταδίδεται έτοιμος και, μάλιστα, έχει συνταχθεί από αρμόδια Μετεωρολογική Υπηρεσία, πράγμα που εξαλείφει και τα τυχόν σφάλματα αποκωδικοποίησης και σύνταξης του χάρτη καιρού.

Το NAVTEX

Το NAVTEX είναι διεθνής αυτοματοποιημένη εκπομπή, τύπου TELEX, στη συχνότητα των 512 kHz (Διατίθενται επίσης οι εναλλακτικές συχνότητες των 490 και 4209.5 kHz). Μέσω αυτής της εκπομπής διαβιβάζονται αναγγελίες, μετεωρολογικές και ναυτιλιακές στα πλοία.

Για να λάβει ένα πλοίο αγγελίες μέσω NAVTEX χρειάζεται να διαθέτει τον ειδικό δέκτη (Εικόνα 87), ο οποίος έχει και δυνατότητα εκτύπωσης των αναγγελιών.



Εικόνα 87: Δέκτης NAVTEX

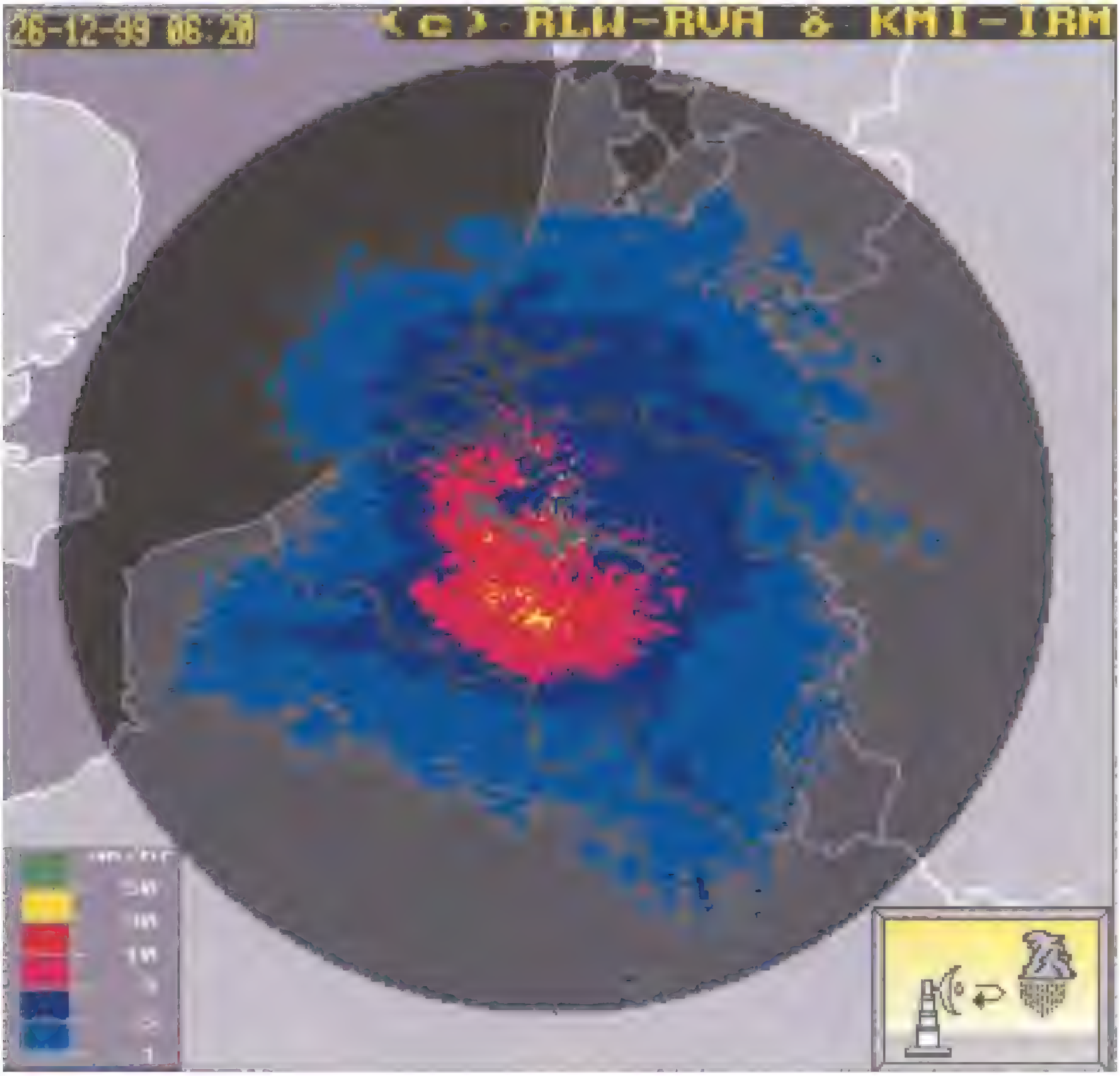
Οι θέσεις των σταθμών εκπομπής σε όλο τον κόσμο φαίνονται στην Εικόνα 88. Οι ώρες, θέσεις, και οι περίοδοι εκπομπών των σταθμών του NAVTEX περιέχονται στην έκδοση του Βρετανικού Ναυαρχείου "Admiralty List of Radio Signals", που είδαμε και στην προηγούμενη παράγραφο.

Εντοπισμός Καιρικών φαινομένων με το RADAR

Τα καιρικά φαινόμενα δίνουν πολύ χαρακτηριστική ηχώ στο RADAR, εντελώς διαφορετική απο τα υπό-



Εικόνα 88: Διάταξη σταθμών εκπομπής συστήματος NAVTEX παγκοσμίως.



Εικόνα 89: Εικόνα βροχής στο RADAR στην περιοχή της Μάγχης. Οι διαφορετικοί χρωματισμοί αντιστοιχούν σε διαφορετική ένταση βροχής. Στην κάτω δεξιά γωνία φαίνεται σχηματικά η αρχή εντοπισμού καιρικών φαινομένων με RADAR. Από την Ιστοσελίδα του Βασιλικού Μετεωρολογικού Ινστιτούτου (RMI) του Βελγίου.

λοιπα αντικείμενα του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Μπορούμε, λοιπόν, να θεωρήσουμε ότι η οθόνη του RADAR μάς δίνει πολύ καθαρή εικόνα των βροχών και καταιγίδων μέσα στην εμβέλειά του.

Οι ισχυρές καταιγίδες, εξαιτίας του ύψους τους, αποκαλύπτονται από το RADAR σε αποστάσεις εκατοντάδων μιλίων και με προσεκτική παρατήρηση, μπορούμε να προσδιορίσουμε πώς κινούνται και την περιοχή που καλύπτουν πολλές ώρες πριν μας φθάσουν.

Η ηχώ στο RADAR κάθε καιρικού φαινομένου εξαρτάται από το ποσοστό νερού (πάγου και σταγονιδίων) που περιέχει. Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα σε νερό (και όσο μεγαλύτερα τα σταγονίδια), τόσο ισχυρότερη είναι η ηχώ, διότι στο νερό οφείλεται η ανάκλαση των εκπομπών του RADAR (Εικόνα 89). Αυτό επιτρέπει την εκτίμηση της έντασης των καιρικών φαινομένων που εντοπίζονται, η οποία είναι μεγαλύτερη όσο πιο έντονη η ηχώ.

Με το RADAR εντοπίζονται, συνήθως, οι ραγδαίες βροχές, οι καταιγίδες, τα διάφορα Μέτωπα και οι Τροπικοί κυκλώνες, αλλά όχι η ομίχλη ή η ελαφριά βροχή.

Περίληψη

- Η πρόγνωση του καιρού είναι η περιγραφή των καιρικών συνθηκών που αναμένονται σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή και χρονική περίοδο, συνήθως στο άμεσο μέλλον. Αξιόπιστη πρόγνωση μπορούμε να έχουμε για εικοσιτέσσερις ώρες περίπου.

- Τα στάδια ανάλυσης και πρόγνωσης του καιρού είναι η συγκέντρωση των μετεωρολογικών παρατηρήσεων, η κατασκευή των χαρτών καιρού επιφάνειας, η ανάλυση των χαρτών και η πρόγνωση, η οποία, στην περίπτωσή μας, γίνεται με βάση απλούς κανόνες.

- Οι σταθμοί παρατήρησης αναφέρουν συνήθως ανά εξάωρο (00:00, 06:00, 12:00, 18:00 GMT). Οι αναφορές των διάφορων σταθμών έχουν συγκεκριμένη μορφή που καθορίζεται από το Διεθνή Μετεωρολογικό Οργανισμό (WMO). Ορισμένες από αυτές είναι ελεύθερου κειμένου, ενώ άλλες είναι κωδικοποιημένες.

- Υπάρχουν περίπου 7000 πλοία που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα Εθελοντικών Παρατηρήσεων Πλοίων του Διεθνούς Μετεωρολογικού Οργανισμού και δίνουν τακτικές αναφορές καιρού, όταν ταξιδεύουν. Με αυτό τον τρόπο γίνεται πυκνότερο το δίκτυο σταθμών μετεωρολογικής παρατήρησης, αλλά το σπουδαιότερο είναι ότι, μαζί και με τη δορυφορική παρατήρηση, καλύπτονται περιοχές ωκεανών, όπου η πυκνότητα δεδομένων είναι πολύ μικρή.

- Ο χάρτης καιρού ή μετεωρολογικός χάρτης είναι κοινός χάρτης όπου καταχωρούνται με ειδικά σύμβολα τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων καιρού για κάθε μετεωρολογικό σταθμό που αναφέρει και για συγκεκριμένη ώρα. Τα σύμβολα, με τα οποία καταχωρούνται αυτές οι αναφορές, έχουν καθορισθεί από το Διεθνή Μετεωρολογικό Οργανισμό.

- Η ανάλυση περιλαμβάνει: Χάραξη μετώπων (συνήθως και ισόθερμων), χάραξη ισοβαρών, εντοπισμός αερίων μαζών και συστημάτων πίεσης και τέλος συγκρίνεται ο χάρτης με προηγούμενο και διαπιστώνονται οι μεταβολές (οι τάσεις).

- Πρόγνωση του καιρού είναι εκτίμησή του μετά από 6, 12, 24 ώρες. Αυτή βασίζεται στο χάρτη καιρού επιφάνειας σε σύγκριση με προηγούμενους, ώστε να έχουμε μία εικόνα της εξέλιξης των καιρικών φαινομένων. Για την πρόγνωση εφαρμόζονται οι κανόνες της εμμονής, του γεωστροφικού ανέμου και της βαρομετρικής τάσης.

- Υπάρχουν διάφορες εκδόσεις σχετικά με τις υπηρεσίες που εκδίνουν αγγελίες και μετεωρολογικά δελτία (Συχνότητες σταθμών, χρόνοι, κώδικες κτλ.) κατά περιοχή. Από το Βρετανικό Ναυαρχείο εκδίδεται το Admiralty List of Radio Signals, από τις ΗΠΑ το Selected Worldwide Marine Weather Broadcast. Εκτός από τις συνηθισμένες εκπομπές αγγελιών από τον ασύρματο, χρησιμοποιούνται επίσης το NAVTEX (βλ. Παρακάτω) και το τηλομοιότυπο (Facsimile). Το τελευταίο μεταδίδει έτοιμους χάρτες καιρού (αντίστοιχα με το FAX).

- Το NAVTEX είναι διεθνής αυτοματοποιημένη εκπομπή, τύπου TELEX, στη συχνότητα των 512 kHz (Εναλλακτικές συχνότητες των 490 και 4209.5 kHz). Μέσω αυτής διαβιβάζονται αναγγελίες, μετεωρολογικές και ναυτιλιακές στα πλοία που διαθέτουν τον ειδικό δέκτη. Οι ώρες, θέσεις, και οι περίοδοι εκπομπών των σταθμών του NAVTEX περιέχονται στο "Admiralty List of Radio Signals".

- Η οθόνη του RADAR μάς δίνει πολύ καθαρή εικόνα των βροχών και καταιγίδων μέσα στη εμβέλειά του,διότι τα καιρικά φαινόμενα δίνουν πολύ χαρακτηριστική ηχώ. Οι ανακλάσεις οφείλονται στα σταγονίδια νερού που περιέχονται στα περισσότερα φαινόμενα. Με το RADAR εντοπίζονται συνήθως, οι ραγδαίες βροχές, οι καταιγίδες, τα διάφορα Μέτωπα και οι Τροπικοί κυκλώνες, αλλά όχι η ομίχλη ή η ελαφριά βροχή.

Ερωτήσεις Επανάληψης

- Τι είναι η πρόγνωση του καιρού; Για πόσο διάστημα περιμένουμε να έχουμε αξιόπιστη πρόγνωση;
- Ποια είναι τα στάδια ανάλυσης-πρόγνωσης του καιρού;
- Με ποιο τρόπο καλύπτονται περιοχές ωκεανών όπου οι μετεωρολογικές παρατηρήσεις είναι σπάνιες;
- Τι είναι ο χάρτης καιρού; Πώς καταχωρούνται οι παρατηρήσεις για κάθε μετεωρολογικό σταθμό;
- Περιγράψτε, με συντομία, καθένα από τα στάδια ανάλυσης του μετεωρολογικού χάρτη.
- Γράψτε μία μικρή παράγραφο για καθένα από τους τρεις κανόνες πρόγνωσης, όπου να εξηγείτε τον μηχανισμό του καθενός.
- Σε ποιες εκδόσεις του Βρετανικού Ναυαρχείου και των ΗΠΑ θα ανατρέξετε για να βρείτε πληροφορίες σχετικά με τους σταθμούς που εκπέμπουν αγγελίες καιρού στην περιοχή που ταξιδεύετε; Γράψτε μία παράγραφο για τα στοιχεία που σας δίνουν οι παραπάνω εκδόσεις.
- Όταν ταξιδεύετε πού θα ανατρέξετε για να βρείτε ποιος σταθμός NAVTEX καλύπτει την περιοχή σας, σε ποια συχνότητα εκπέμπει και σε ποιες ώρες;
- Δώστε μια σύντομη περιγραφή (1-2 παραγράφους) για τη χρησιμότητα του RADAR στην πρόβλεψη των καιρικών φαινομένων.

Ωκεάνεια Ρεύματα

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθουμε:

ΝΕΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ	ΟΡΟΛΟΓΙΑ
Θαλάσσια Ρεύματα, Στοιχεία Θαλάσσιων Ρευμάτων και Κατάταξη των Ρευμάτων Σύμφωνα με τα Χαρακτηριστικά τους	*Διεύθυνση (set) και Ένταση (drift) Ρεύματος, Ωκεάνεια Ρεύματα (ocean currents) και Αντιρρεύματα (Counter Currents). Ρεύματα παρά την ακτή (inshore currents) και ρεύματα πέραν της ακτής (offshore currents). Ρεύματα ακτής (Coastal currents), Ρεύμα κυματισμού (longshore current). Μόνιμα (Permanent Currents), Εποχικά (seasonal currents), Περιοδικά (periodic currents) Ρεύματα Επιφάνειας (Surface Currents) και Ρεύματα Βάθους (Subsurface Currents) Ρεύματα Θερμά και Ψυχρά.*
Αίτια Δημιουργίας Θαλάσσιων Ρευμάτων. Κατάταξη Ρευμάτων σύμφωνα με τα αίτια Δημιουργίας τους	*Πρόσκαιρα Ρεύματα εξ επιδράσεως Ανέμου (Ekman Wind Currents), Φαινόμενο Ekman, Σπείρα Ekman. Ρεύματα οφειλόμενα σε διαφορές πυκνότητας, Ισόπυκνες.*
Ωκεάνεια Κυκλοφορία	*Ωκεάνεια Κυκλοφορία (oceanic circulation), Κυκλοφορία Ρευμάτων Βάθους (Ocean Deep Currents).*
Επίδραση Ρευμάτων στο Κλίμα	

Ορισμός και Στοιχεία Ρεύματος. Κατάταξη Θαλάσσιων Ρευμάτων Σύμφωνα με τα Χαρακτηριστικά τους.

Με τον όρο θαλάσσιο ρεύμα ονομάζουμε τη ροή θαλάσσιου νερού, με μορφή ποταμού. Η ροή αυτή είναι κατά κανόνα οριζόντια. Η πορεία που ακολουθεί ένα ρεύμα ονομάζεται **διεύθυνση** (set) και μετριέται σε μοίρες. Η ταχύτητά του ονομάζεται **ένταση ρεύματος** (drift) και μετριέται συνήθως κόμβους (Knots, miles/hour). Στο υπόλοιπο του υποκεφαλαίου αυτού, θα επεξηγηθεί η ορολογία που προσδιορίζει τα θαλάσσια ρεύματα, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους.

Ως προς τις Ακτές.

Όταν ένα ρεύμα εκτείνεται σε σημαντική απόσταση από τις ακτές στην ανοικτή θάλασσα ονομάζεται **Ωκεάνειο Ρεύμα**. Τα ισχυρότερα εκδηλώνονται ως οριζόντια ροή θάλασσας, με μικρό πλάτος και υψηλή ένταση. Συχνά συσχετίζονται με δευτερεύοντα ρεύματα σε μικρή απόσταση, που κινούνται στην αντίθετη διεύθυνση και ονομάζονται **αντιρρεύματα** (Counter Currents).

Κοντά στην ακτή[57], τα ρεύματα που κινούνται παράλληλα με αυτήν, αλλά σε τέτοια απόσταση, ώστε να είναι έξω από τη ζώνη του κυματισμού ονομάζονται **ρεύματα ακτής** (coastal currents). Αυτά υποδιαιρού-

[57] *Στο σημείο αυτό θα πρέπει να προειδοποιήσουμε τον μαθητή ότι στην περίπτωση των ρευμάτων κοντά στην ακτή, οι κατηγορίες των ρευμάτων επικαλύπτονται, κάπως, και η ορολογία περιπλέκεται αντίστοιχα, όμως είναι χρήσιμο να τη γνωρίζει κανείς για να μπορεί να ανατρέχει με μεγαλύτερη ευκολία στους πλοηγούς και τις αντίστοιχες εκδόσεις.*

νται στα ρεύματα πολύ κοντά στις ακτές που ονομάζονται **ρεύματα παρά την ακτή** (inshore currents) και τα ρεύματα σε κάπως μεγαλύτερη απόσταση από την ακτή που ονομάζονται ρεύματα πέραν της ακτής (offshore currents).

Τέλος, μέσα στη ζώνη κυματισμού, όταν η κυματωγή[58] (serf) προσπίπτει υπό γωνία, μπορεί να δημιουργηθεί ρεύμα παράλληλα με την ακτή. Αυτό ονομάζεται **ρεύμα κυματισμού** (longshore current).

Ως προς τις Χρονικές Μεταβολές

Τα ρεύματα που εμφανίζουν σχετικά ασήμαντες περιοδικές ή εποχικές μεταβολές διεύθυνσης και έντασης ονομάζονται **μόνιμα ρεύματα** (Permanent Currents). Αντίθετα υπάρχουν ρεύματα που εμφανίζουν περιοδική μεταβολή διεύθυνσης και έντασης και ονομάζονται **περιοδικά ρεύματα** (periodic currents). Τα ρεύματα που προκαλούνται από την παλίρροια είναι το σημαντικότερο παράδειγμα περιοδικών ρευμάτων. Υπάρχουν επίσης ρεύματα τα οποία αλλάζουν χαρακτηριστικά εξαιτίας, κυρίως, της επίδρασης εποχικών ανέμων και ονομάζονται **εποχικά ρεύματα** (seasonal currents).

Ως προς το Βάθος

Ρεύμα επιφάνειας: (Surface Current) χαρακτηρίζεται εκείνο το οποίο εμφανίζεται στην επιφάνεια της θάλασσας. Η επίδραση αυτής της κατηγορίας εκτείνεται σε βάθος μερικών ποδών, κάτω από την επιφάνεια. Αντίθετα τα ρεύματα των οποίων η επίδραση γίνεται αισθητή κάτω από την επιφάνεια και μόνον ονομάζονται **ρεύματα βάθους** (Subsurface Currents). Τα ρεύματα επιφάνειας, και ιδίως τα μόνιμα, είναι εκείνα που ενδιαφέρουν περισσότερο τη ναυτιλία[59] επιφάνειας.

Τα χαρακτηριστικά των ρευμάτων αναφέρονται στους πλοηγούς που εκδίδουν οι κατά τόπους Υδρογραφικές Υπηρεσίας. Επίσης, γενικές πληροφορίες για τα Ωκεάνεια ρεύματα υπάρχουν και στους ναυτικούς χάρτες.

Ως προς τη θερμοκρασία.

Τα ρεύματα που έχουν μεγαλύτερη θερμοκρασία από τον περιβάλλοντα θαλάσσιο χώρο ονομάζονται **θερμά ρεύματα**. Αντίθετα, τα ρεύματα που έχουν μικρότερη θερμοκρασία ονομάζονται **ψυχρά ρεύματα**.

Αίτια Δημιουργίας Θαλάσσιων Ρευμάτων και Κατάταξή τους Σύμφωνα με αυτά.

Τα αίτια δημιουργίας των θαλάσσιων ρευμάτων είναι ο άνεμος και οι διαφορές πυκνότητας του νερού ανάμεσα σε διαφορετικές θαλάσσιες περιοχές. Τα χαρακτηριστικά των ρευμάτων επηρεάζονται, επίσης, από την περιστροφή της Γης (Δύναμη Coriolis[60]), και τη διαμόρφωση των ακτών και του βυθού της θάλασσας. Αν και οι φυσικοί μηχανισμοί που επηρεάζουν τη δημιουργία και την κίνηση των θαλάσσιων ρευμάτων είναι από καιρό γνωστοί, η συνδυασμένη επίδρασή τους είναι περίπλοκη και, συνεπώς, οι γνώσεις μας γύρω από το συνολικό μηχανισμό δεν είναι πλήρεις.

Ρεύματα λόγω Επιδράσεως Ανέμου.

Η κίνηση του ανέμου πάνω από το νερό εξαναγκάζει το επιφανειακό στρώμα του να κινηθεί και αυτό λόγω τριβής. Αυτή η κίνηση διαδίδεται (λόγω τριβής) στα απο κάτω στρώματα, αν και η ταχύτητα μειώνεται με το βάθος. Το ρεύμα, που δημιουργείται από τη επίδραση του ανέμου, ονομάζεται "*ρεύμα λόγω επίδρασης ανέμου, wind current, Ekman wind current*". Κατά κανόνα, αυτού του είδους τα ρεύματα εμφανίζονται σε μία περιοχή, όταν πνέει σταθερός άνεμος επί δώδεκα περίπου ώρες.

Η διεύθυνση του ρεύματος και του ανέμου δεν ταυτίζονται, διότι το ρεύμα εκτρέπεται από τη δύναμη Coriolis. Η εκτροπή αυτή είναι προς τα δεξιά στο Βόρειο Ημισφαίριο και προς τα αριστερά στο Νότιο[61]. Ο βαθμός της εκτροπής κυμαίνεται από τις 15 μοίρες για αβαθή νερά μέχρι τις 45 στον ωκεανό.

Ένα ενδιαφέρον αποτέλεσμα του παραπάνω μηχανισμού είναι η σπείρα Ekman. Όπως η κίνηση μεταδίδεται από τα ανώτερα στρώματα του νερού προς τα κατώτερα, καθένα από αυτά εκτρέπεται από τη δύναμη Coriolis σε σχέση με το υπερκείμενο στρώμα. Άρα η εκτροπή αυξάνεται με το βάθος, και μπορεί να φθά-

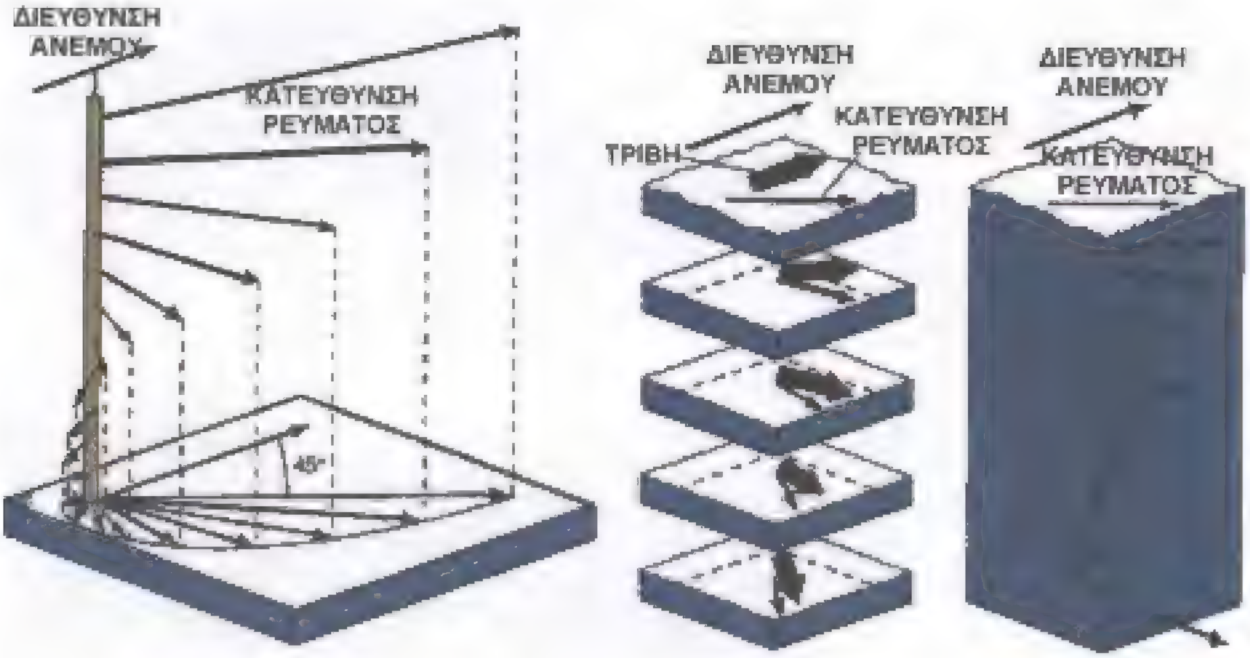
---

[58] Κυματωγή (surf) είναι το μέρος του κυμματισμού σε αβαθή νερά, όπως θα δούμε με περισσότερη λεπτομέρεια στο κεφάλαιο "Θαλάσσια Κύματα".

[59] Από τη Ναυτιλία (Ακτοπλοΐα) γνωρίζουμε ότι η πραγματική κίνηση του πλοίου μας είναι η συνισταμένη της κίνησής του στη θάλασσα (ώς προς τό νερό) και της κίνησής της θάλασσας (δηλαδή του ρεύματος).

[60] Ο φυσικός μηχανισμός είναι ακριβώς ίδιος με εκείνον που επηρεάζει την κίνηση του ανέμου που είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

[61] Όπως θυμόμαστε από προηγούμενο κεφάλαιο, και ο άνεμος εκτρέπεται προς τα δεξιά στο βόρειο ημισφαίριο (αριστερά στο Νότιο), σε σχέση με τη διαφορά πίεσης.



Εικόνα 90: Η Σπείρα Ekman. Από την Ιστοσελίδα του Τμήματος Ωκεανογραφίας του Πανεπιστημίου A&M, Texas.

σει τις 180 μοίρες. Το αποτέλεσμα είναι ότι τα βαθύτερα στρώματα του νερού μπορεί να καταλήξουν να κινούνται αντίθετα με το επιφανειακό στρώμα. Το όνομα σπείρα δόθηκε από την βαθμιαία, με την αύξηση του βάθους, περιστροφή του διανύσματος της ταχύτητας (Εικόνα 90).

Ρεύματα λόγω διαφοράς Πυκνότητας.

Η πυκνότητα του νερού στη θάλασσα εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την πίεση και την αλατότητα (salinity). Η γεωγραφική κατανομή της πυκνότητας μπορεί να περιγραφεί από τις **ισόπυκνες**. Αυτές είναι καμπύλες αντίστοιχες με τις ισοβαρείς που ενώνουν όλα τα σημεία με την ίδια πυκνότητα σε δεδομένο βάθος.

Στις θαλάσσιες περιοχές όπου η πυκνότητα είναι υψηλή, η στάθμη της θάλασσας είναι χαμηλότερη από εκείνες όπου η πυκνότητα είναι μικρή. Έχουν παρατηρηθεί διαφορές ενός έως δύο ποδών σε αποστάσεις σαράντα μιλίων. Υπάρχει, λοιπόν, η τάση ροής από τις περιοχές χαμηλής πυκνότητας προς τις περιοχές υψηλής. Και στην περίπτωση αυτή, η δύναμη Coriolis εκτρέπει το ρεύμα προς τα δεξιά στο Βόρειο Ημισφαίριο και προς τα αριστερά στο Νότιο.

Η διαδικασία αυτή δημιουργεί μία κυκλοφορία του θαλάσσιου νερού αντίστοιχη προς την ατμοσφαιρική κυκλοφορία.

Ωκεάνεια Κυκλοφορία

Το σύνολο των σταθερών ωκεάνειων ρευμάτων συνθέτει ένα σύστημα **ωκεάνειας κυκλοφορίας** που εμφανίζει μικρές, σχετικά, μεταβολές κατά τη διάρκεια του έτους. Επειδή, όπως είδαμε παραπάνω, υπάρχει στενή σχέση ανέμου και ρεύματος, η Ωκεάνεια κυκλοφορία σχετίζεται στενά με την ατμοσφαιρική κυκλοφορία. Στην Εικόνα 91 φαίνονται τα κυριότερα ωκεάνεια ρεύματα που αποτελούν και την ωκεάνεια κυκλοφορία ενώ στην Εικόνα 92 φαίνεται το σύστημα των ρευμάτων βάθους.

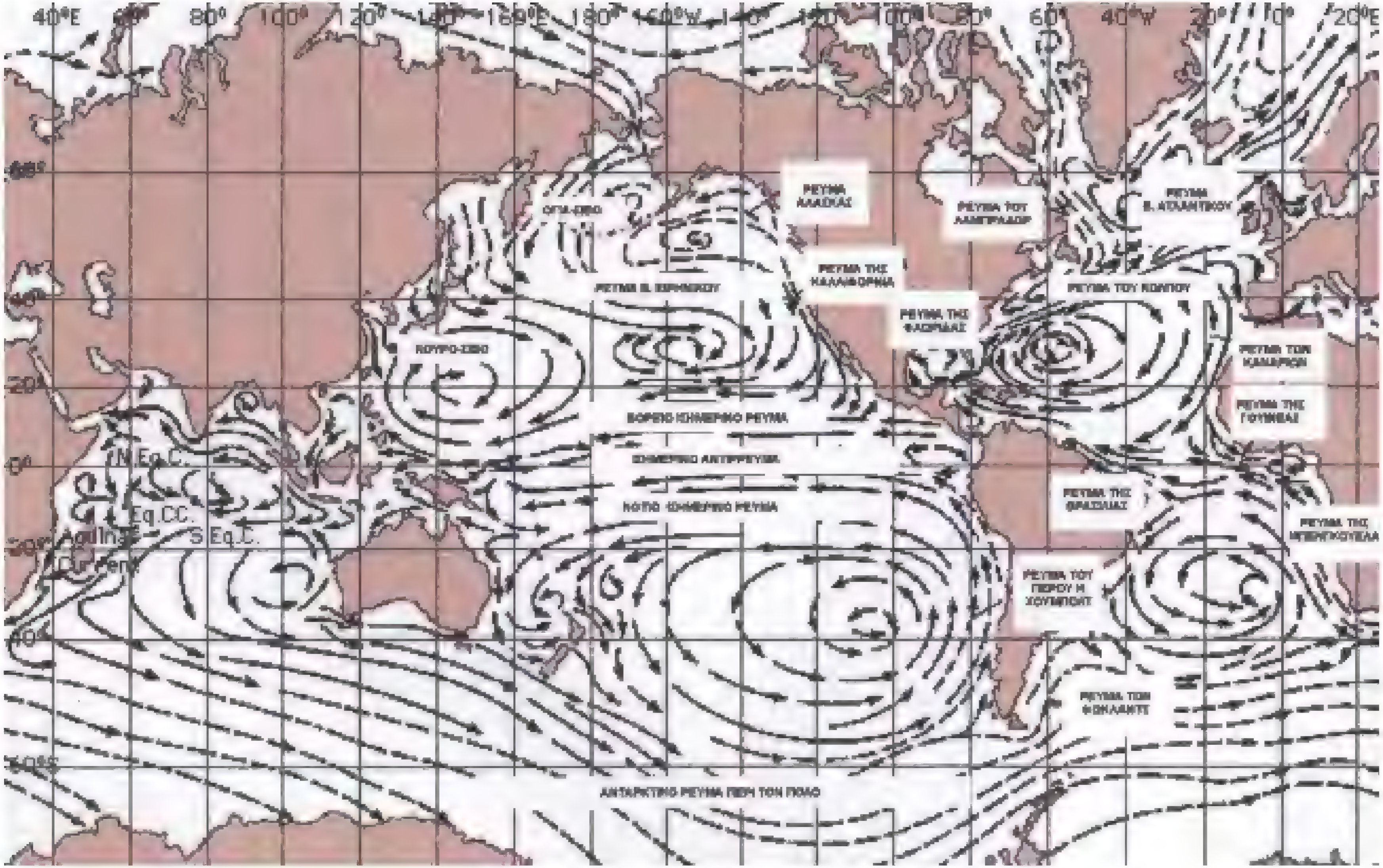
Ρεύματα Ατλαντικού Ωκεανού

Η κυκλοφορία των ρευμάτων στον Ατλαντικό εμφανίζει δύο σχεδόν κυκλικά συστήματα, ένα στο Βόρειο και ένα στο Νότιο Ατλαντικό (Εικόνα 93).

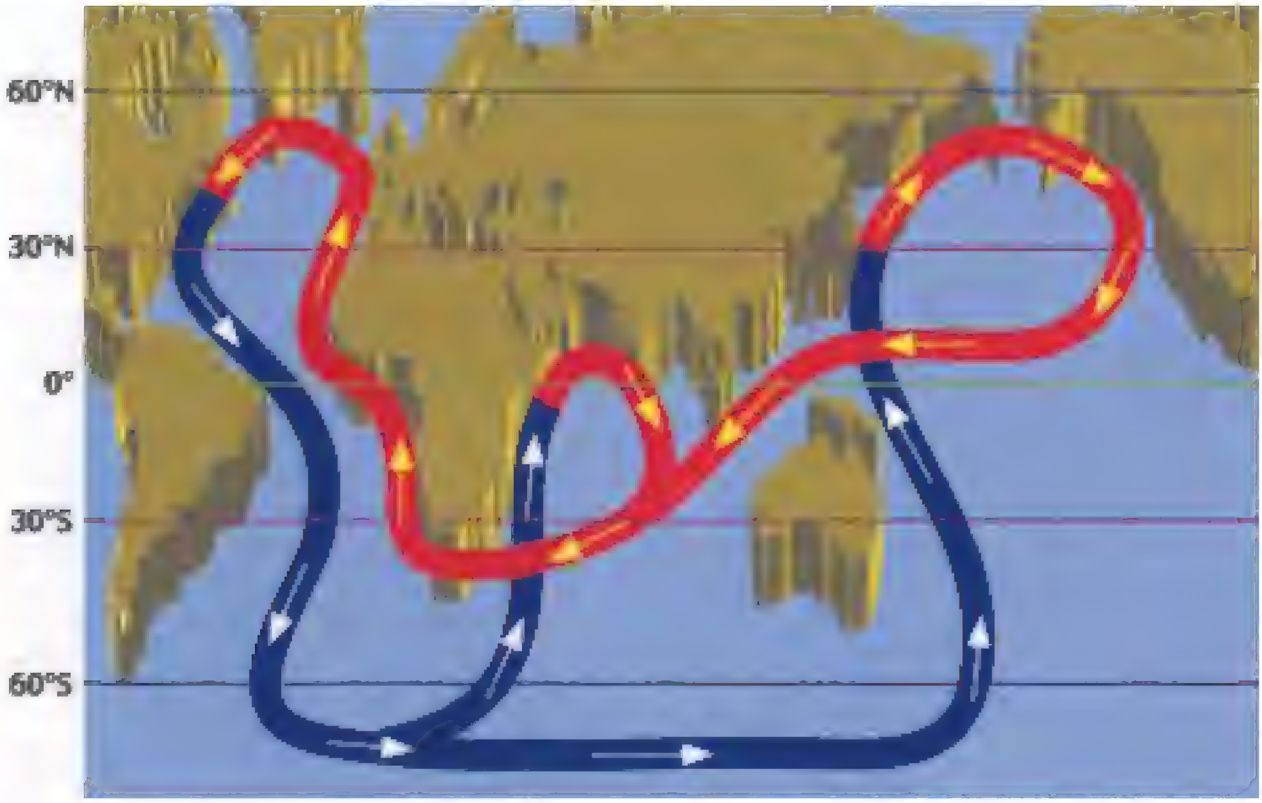
Το κυριότερο ρεύμα του Ατλαντικού είναι το ρεύμα του κόλπου (του Μεξικού), το οποίο είναι χαρακτηριστικό θερμό ρεύμα. Κινείται από το κόλπο του Μεξικού προς Βορρά, όπου συναντά το ψυχρό ρεύμα του Λαμπραντόρ, και στη συνέχεια στρέφεται προς τις δυτικές ακτές της Ευρώπης. Σημαντικά ρεύματα του Ατλαντικού είναι επίσης το Βόρειο και το Νότιο Ισημερινό ρεύμα και, αντίθετα προς αυτά, το Ισημερινό Αντίρρευμα.

Ρεύματα Ειρηνικού Ωκεανού

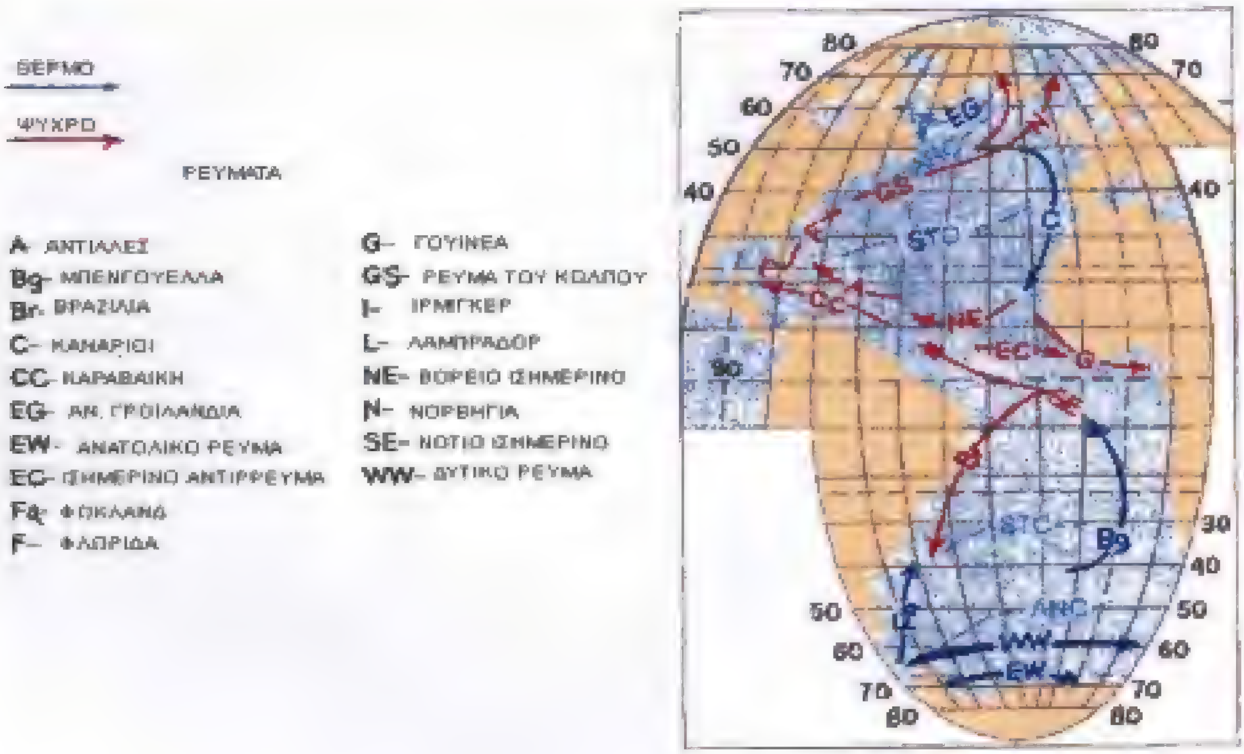
Η κυκλοφορία των ρευμάτων του Ειρηνικού (Εικόνα



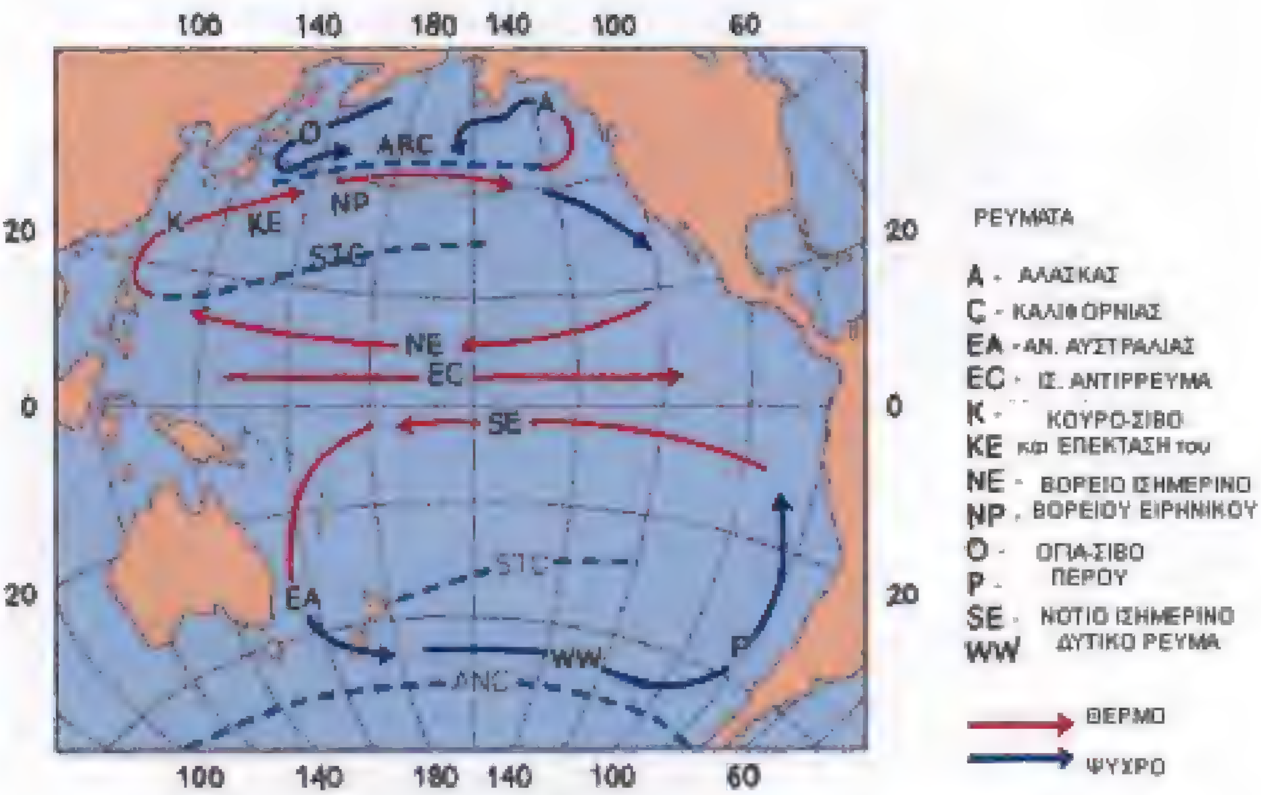
Εικόνα 91: Ωκεάνεια Κυκλοφορία και τα κυριότερα ρεύματα (Από την Ιστοσελίδα του Πανεπιστημίου Columbia των ΗΠΑ).



Εκτός από τα συστήματα των ρευμάτων στην επιφάνεια, υπάρχει και το σύστημα των ρευμάτων βάθους, τα οποία συνεισφέρουν στην κυκλοφορία των ωκεανών (Εικόνα 92).



Εικόνα 93: Ωκεάνεια Κυκλοφορία (ΑΤΛΑΝΤΙΚΟΣ) Από την Ιστοσελίδα του Τμήματος Ωκεανογραφίας του Πανεπιστημίου A&M Texas.



Εικόνα 94: Ωκεάνεια Κυκλοφορία (ΕΙΡΗΝΙΚΟΣ) Από την Ιστοσελίδα του Τμήματος Ωκεανογραφίας του Πανεπιστημίου A&M, Texas.

94) μοιάζει με εκείνη του Ατλαντικού. Έχουμε ένα θερμό ρεύμα, το ΚΟΥΡΟ-ΣΙΒΟ που κινείται προς Βορρά κατά μήκος των ακτών της Ιαπωνίας και της Κίνας, το οποίο στη συνέχεια στρέφεται προς τις ακτές της Αμερικής. Από τα μεγάλα πλάτη, έχουμε το ψυχρό ρεύμα ΟΓΙΑ-ΣΙΒΟ που κινείται με Νοτιοδυτική κατεύθυνση.

Προς τον Ισημερινό έχουμε και πάλι δύο Ισημερινά ρεύματα με το αντίστοιχο αντίρρευμα.

Στο Νότιο Ειρηνικό, έχουμε το ψυχρό ρεύμα του Περού και το θερμό ρεύμα της Ανατολικής Αυστραλίας. Αυτά "Συνδέονται" με το Νότιο Ισημερινό Ρεύμα και το Δυτικό Ρεύμα της Ανταρκτικής.

Ρεύματα Ινδικού Ωκεανού

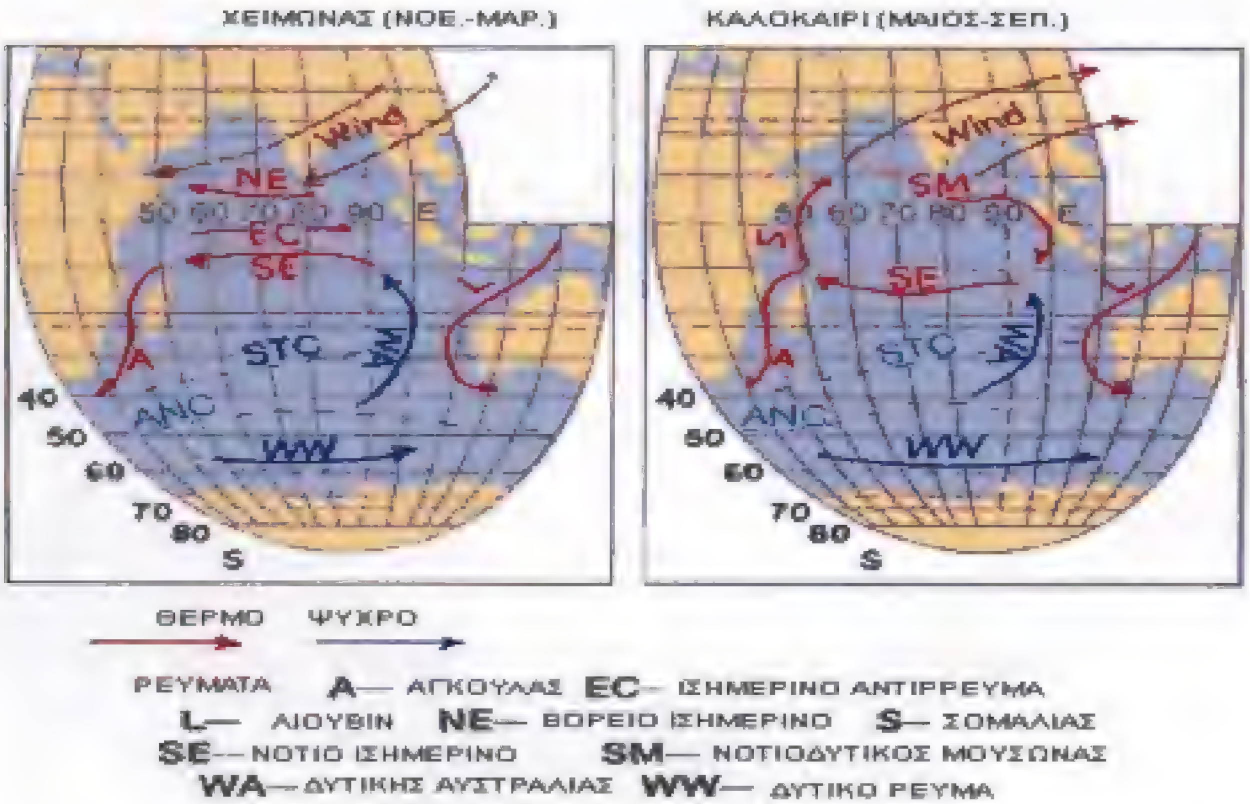
Στον Ινδικό ωκεανό (Εικόνα 95) το σύστημα κυκλοφορίας των ρευμάτων παρουσιάζει μία μόνον διαφορά από τα δύο προηγούμενα. Μεταβάλλεται εποχικά κάτω από την επίδραση των μουσώνων. Πάντως, και σε αυτή την περίπτωση, εμφανίζεται Ισημερινό Ρεύμα και Αντίρρευμα. Το Ισημερινό ρεύμα περιέρχεται τις ακτές της Αφρικής, με κατεύθυνση προς νότο (Ρεύμα ΑΓΚΟΥΛΑΣ). Επίσης υπάρχει ένας κλάδος που περιέρχεται τις ακτές της Αυστραλίας προς Βορρά. Τα δύο ρεύματα συνδέονται με το Δυτικό ρεύμα της Ανταρκτικής.

Ωκεάνεια Ρεύματα και Κλίμα

Η σημασία των ωκεανών στη μεταφορά θερμότητας, μέσω των ρευμάτων, είναι τόσο σημαντική όσο και η αντίστοιχη λόγω ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας. Έχει παρατηρηθεί ότι τα Ωκεάνεια Ισημερινά ρεύματα μεταφέρουν θερμότητα από τον Ισημερινό προς Βορρά και Νότο, μέχρι το πλάτος των 20 μοιρών περίπου. Αντίστοιχα, ψυχρά ρεύματα κινούμενα από την περιοχή των πόλων προς τον Ισημερινό μετριάζουν τις θερμοκρασίες των περιοχών στις οποιες κινούνται. Οι αέριες μάζες πάνω από τα θερμά ή τα ψυχρά ρεύματα θερμαίνονται ή ψύχονται αντίστοιχα, και επηρεάζουν τις κλιματολογικές συνθήκες των παραλίων περιοχών.

Παρά τη σχετικά μικρή τους ταχύτητα, τα ρεύματα μεταφέρουν τεράστια ποσότητα θερμού νερού από τον Ισημερινό προς τα μεγαλύτερα πλάτη και από τους πόλους προς τις περιοχές του Ισημερινού.

Από την παραπάνω συζήτηση, καταλαβαίνουμε ότι η έμμεση αυτή επίδραση των ωκεάνειων ρευμάτων έχει ως αποτέλεσμα την ανακατανομή της θερμότητας στην



Εικόνα 95: Ωκεάνεια Κυκλοφορία (ΙΝΔΙΚΟΣ) Από την Ιστοσελίδα του Τμήματος Ωκεανογραφίας του Πανεπιστημίου A&M Texas.

επιφάνεια της Γης και το μετριασμό των συνθηκών που θα επικρατούσαν χωρίς αυτά. Δηλαδή, τα θερμά κλίματα τείνουν να γίνουν ψυχρότερα και τα ψυχρά θερμότερα, εξαιτίας τους.

Περίληψη

- Θαλάσσιο ρεύμα είναι η ροή θαλάσσιου νερού, με μορφή ποταμού.

- Η πορεία ρεύματος ονομάζεται διεύθυνση (set) και μετριέται σε μοίρες, ενώ η ταχύτητά ένταση ρεύματος (drift) και μετριέται συνήθως σε κόμβους (Knots, miles/hour)

- Ωκεάνειο Ρεύμα: Οριζόντια ροή θάλασσας, με μικρό πλάτος και συχνά υψηλή ένταση που εκτείνεται σε σημαντική απόσταση στην ανοικτή θάλασσα. Τα ισχυρότερα συσχετίζονται με δευτερεύοντα ρεύματα σε μικρή απόσταση, που κινούνται στην αντίθετη διεύθυνση (αντιρρεύματα, Counter Currents).

- Τα ρεύματα ακτής (coastal currents) εμφανίζονται κοντά στην ακτή, αλλά έξω από τη ζώνη κυματισμού. Υποδιαιρούνται στα ρεύματα πολύ κοντά στις ακτές (ρεύματα παρά την ακτή, inshore currents) εκείνα σε κάπως μεγαλύτερη απόσταση (ρεύματα πέραν της ακτής, offshore currents).

- Τα ρεύματα που εμφανίζουν ασήμαντες μεταβολές χαρακτηριστικών (διεύθυνσης-έντασης) ονομάζονται μόνιμα ρεύματα (Permanent Currents), ενώ τα ρεύματα που εμφανίζουν περιοδική μεταβολή αυτών ονομάζονται περιοδικά (periodic currents). Τα ρεύματα τα οποία αλλάζουν χαρακτηριστικά εξαιτίας, κυρίως, της επίδρασης εποχικών ανέμων ονομάζονται εποχικά (seasonal currents).

- Ρεύμα επιφάνειας (Surface Current) είναι εκείνο που εμφανίζεται στην επιφάνεια της θάλασσας και η επίδρασή του φθάνει σε βάθος μερικών ποδών. Αντίθετα, όταν η επίδραση ρεύματος επίδραση γίνεται αισθητή κάτω από την επιφάνεια και μόνον έχουμε τα ρεύματα βάθους (Subsurface Currents).

- Τα ρεύματα διακρίνονται σε ψυχρά και θερμά, αν

έχουν μικρότερη, ή αντίστοιχα μεγαλύτερη θερμοκρασία από τον περιβάλλοντα θαλάσσιο χώρο.

- Τα αίτια δημιουργίας των θαλάσσιων ρευμάτων είναι ο άνεμος και οι διαφορές πυκνότητας του νερού ανάμεσα σε διαφορετικές θαλάσσιες περιοχές. Τα χαρακτηριστικά των ρευμάτων επηρεάζονται, επίσης, από την περιστροφή της Γης (Δύναμη Coriolis), και τη διαμόρφωση των ακτών και του βυθού της θάλασσας.

- Το "*ρεύμα λόγω επίδρασης ανέμου*" συνήθως εμφανίζεται σε περιοχή που πνέει σταθερός άνεμος επί δώδεκα περίπου ώρες. Η κίνηση του ανέμου εξαναγκάζει το επιφανειακό στρώμα του νερού να κινηθεί λόγω τριβής. Αυτή η κίνηση διαδίδεται στα βαθύτερα στρώματα, όμως η ταχύτητα μειώνεται με το βάθος. Το ρεύμα εκτρέπεται από τη δύναμη Coriolis προς τα δεξιά της διεύθυνσης του ανέμου στο Βόρειο Ημισφαίριο, και προς τα αριστερά στο Νότιο, κατά 15 (αβαθή) έως 45 μοίρες (στον ωκεανό).

- Κατά τη μετάδοση της κίνησης των στρωμάτων του νερού σε βάθος, καθένα από αυτά εκτρέπεται από τη δύναμη Coriolis, σε σχέση με το υπερκείμενό του. Άρα η εκτροπή αυξάνεται με το βάθος, και μπορεί να φθάσει τις 180 μοίρες, οπότε τα βαθύτερα στρώματα του νερού κινούνται αντίθετα με το επιφανειακό. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται *«σπείρα Ekman»*.

- Το σύνολο των σταθερών ωκεάνειων ρευμάτων, συνθέτει ένα σύστημα ωκεάνειας κυκλοφορίας που εμφανίζει μικρές, σχετικά, μεταβολές κατά τη διάρκεια του έτους.

- Τα ωκεάνεια ρεύματα, μαζί με την ατμοσφαιρική κυκλοφορία συνεισφέρουν στην ανακατανομή της θερμότητας στην επιφάνεια της Γης. Αποτέλεσμα της επίδρασης των ρευμάτων είναι ο μετριασμός των κλιματολογικών συνθηκών στις παράλιες περιοχές, λόγω απομείωσης θερμοκρασιακού εύρους.

Ερωτήσεις Επανάληψης

- Τι είναι θαλασσινό ρεύμα; Τι ρεύμα επιφάνειας και τι ρεύμα βάθους; Ποια επηρεάζουν τη ναυτιλία (Εξηγείστε);
- Ορίστε τη διεύθυνση και ένταση ρεύματος. Σε τι μονάδες μετριούνται;
- Τι είναι το ωκεάνειο ρεύμα και τι το αντίρρευμα; Ποια η σχέση τους;
- Τι είναι τα ρεύματα ακτής και τι "*παρά την ακτή*" και τα ρεύματα "*πέραν της ακτής*";
- Από ποιο χαρακτηριστικό διακρίνουμε τα ρεύματα σε μόνιμα, εποχικά και περιοδικά; Εξηγείστε.
- Από ποιο χαρακτηριστικό διακρίνουμε τα ρεύματα σε επιφάνειας και βάθους; Ποια κατηγορία έχει περισσότερο ενδιαφέρον για τη ναυτιλία; Εξηγείστε.
- Τι χαρακτηρίζει τα ψυχρά και τα θερμά θαλάσσια ρεύματα; Εξηγείστε.
- Ποια είναι τα αίτια δημιουργίας των θαλάσσιων ρευμάτων και ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά τους;
- Μπορείτε να εξηγησετε το μηχανισμό με τον οποίο δημιουργείται ρεύμα από την επίδραση του ανέμου; Πώς επιδρά η δύναμη Coriolis στο αποτέλεσμα;
- Τι είναι η σπείρα Ekman; Εξηγείστε το μηχανισμό της.
- Ποια στοιχεία συνθέτουν την Ωκεάνεια κυκλοφορία;
- Γράψτε μία σύντομη παράγραφο για το πώς η Ωκεάνεια κυκλοφορία επηρεάζει το κλίμα. Δώστε ένα ή δύο παραδείγματα.

Ασκήσεις-Εργασίες

- Να επαναλάβεις στη ναυτιλία το κεφάλαιο των υπολογισμών της πραγματικής κίνησης πλοίου κάτω από την επίδραση ρεύματος και να γράψεις μία σύντομη παράγραφο, εξηγώντας γιατι είναι σημαντική η γνώση των ρευμάτων, όταν σχεδιάζουμε τον πλου.

Θαλάσσια Κύματα

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθουμε:

ΝΕΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ	ΟΡΟΛΟΓΙΑ
Ορισμός Κύματος	*Θαλάσσιο, ωκεάνειο κύμα*
Είδη Κυματισμού, Περιγραφή Κυμάτων	*Κύμα (Wave), Κυματισμός (sea), Αποθαλασσία (swell) ή φουσκοθαλασσιά ή βουβό κύμα.*
Αιτίες Δημιουργίας Κυμάτων	*Σεισμικά Κύματα (Tsunamis), Παλιρροϊκά Κύματα (Tidal Waves),.Κύματα Παλίρροιας (Tide Waves), Κύματα Καταιγίδων (Storm Waves), Στάσιμα Κύματα (Standing Waves), Ανώμαλα Κύματα (Abnormal Waves-Freak Waves)*
Περιγραφή Κατάστασης Θάλασσας, Ανάλογα με τον κυματισμό και τη δύναμη του ανέμου	*Μήκος (length), ύψος (height), ταχύτητα (velocity), περίοδος (period) οξύτητα ή κλίση (steepness) , ανάπτυγμα (fetch) θαλάσσιου κύματος, Κλίμακα Douglas, Κατάστασης Θάλασσας (sea state)*
Παράγοντες που Επηρεάζουν τα στοιχεία Κύματος	
Κύματα σε Αβαθή Νερά	*Κύματα που Θραύονται, Κυματωγή (Breakers and Surf)*

Σε προηγούμενο κεφάλαιο, είδαμε πώς δημιουργούνται οι άνεμοι και πώς υπολογίζεται η κατεύθυνση και η έντασή τους, στην κλίμακα Beaufort. Εδώ αναλύονται τα περιγραφικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν τα κύματα και εξετάζονται οι συνθήκες και οι περιοχές όπου κάθε είδος κύματος εμφανίζεται. Επίσης, παρουσιάζεται η κατάσταση θάλασσας, όπως περιγράφεται απο την κλίμακα Douglas. Για τη μελέτη αυτού του κεφαλαίου είναι απαραίτητη η καλή γνώση των στοιχείων ανέμου και της κλίμακας Beaufort που μελετήσαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, διότι γίνεται εκτεταμένη αναφορά σε αυτά.

Ορισμός Κυμάτων-Στοιχεία Κύματος

Το φαινόμενο της παλινδρομικής κίνησης (ύψωση-ταπείνωση) της επιφάνειας της θάλασσας ονομάζεται κύμα. Ανάλογα με την περιοχή που εκδηλώνεται, το κύμα διακρίνεται σε θαλάσσιο και ωκεάνειο. Παρακάτω δίνονται τα στοιχεία κύματος:

Το **μήκος κύματος** (λ) είναι η απόσταση ανάμεσα σε διαδοχικές κορυφές ή "κοιλάδες" (Εικόνα 96).

Το **ύψος κύματος** (Η) είναι η κατακόρυφη απόσταση που μετριέται απο το βάθος μιας "κοιλάδας" μέχρι τη γειτονική κορυφή (Εικόνα 96).

Η **περίοδος κύματος** (Τ) είναι ο χρόνος (μετριέται σε δευτερόλεπτα συνήθως) ανάμεσα στο πέρασμα δύο διαδοχικών κορυφών από σταθερό σημείο

Η **ταχύτητα του κύματος** (V) είναι η ταχύτητα με την οποία φαίνεται να κινείται η κορυφή. Υπολογίζεται αν



Εικόνα 96: Μήκος Κύματος (λ), και Ύψος Κύματος (Η).

διαιρέσουμε το μήκος με την περίοδο (V=λ/T). Επισημαίνουμε ότι αν και τα κύματα φαίνονται κινούμενα, τα μόρια του νερού δεν μετατοπίζονται, αλλά εκτελούν απλές κυκλικές ή ελλειπτικές τροχιές. Αυτό που μετατοπίζεται είναι μόνον η διαταραχή από μία περιοχή σε άλλη.

Η **κλίση ή Οξύτητα Κύματος** (δ): Είναι ο λόγος του ύψους προς το μήκος κύματος (δ=Η/λ). Όταν η κλίση γίνει μεγαλύτερη από 1/13, τότε το κύμα σπάει στην κορυφή και εμφανίζονται αφροί.

Το **ανάπτυγμα** (fetch): Είναι η απόσταση που έχει διανύσει ένα κύμα, όταν πνέει σταθερός άνεμος. Υπολογίζεται σε ναυτικά μίλια από το σημείο ενδιαφέροντος μέχρι το σημείο δημιουργίας του κύματος.

Άνεμος και Θαλάσσια Κύματα

Τα κύματα είναι, κυρίως, το αποτέλεσμα της δράσης του ανέμου στην επιφάνεια της θάλασσας. Υπάρχουν όμως και άλλες, δευτερεύουσες αιτίες δημιουργίας κυμάτων (υποθαλάσσιοι σεισμοί, παλίρροιες κτλ.), που θα εξετάσουμε χωριστά σε επόμενο υποκεφάλαιο.

Επίδραση Ανέμου στην Ανοικτή Θάλασσα

Όταν αρχίσει να πνέει ο άνεμος, τα κύματα έχουν μικρό ύψος και μήκος. Αν διαρκέσει για μεγάλο διάστημα, το μήκος και το ύψος των κυμάτων αυξάνεται, καθώς και η περίοδός τους. Η σχέση στοιχείων κύματος και έντασης ανέμου δεν είναι απλή, αλλά εξαρτάται και από το μέγεθος της θαλάσσιας περιοχής που σχηματίζονται τα κύματα (σε κλειστές περιοχές τα κύματα δεν αυξάνουν πολύ σε ύψος), από το χρόνο που φυσά ο άνεμος κτλ. Παρ' όλα αυτά στην κλίμακα Beaufort δίνεται ενδεικτικά κάποιο ύψος κύματος. Επίσης, παρακάτω, παρουσιάζεται ένας πίνακας από τη ναυτιλία Bodwitch (The American Practical Navigator Vol I), όπου δίνεται η σχέση ανέμου και στοιχείων κύματος, ανάλογα με το χρόνο που φυσά ο άνεμος και το μέγεθος της θαλάσσιας περιοχής (Πίνακας 13, Πίνακας 14).

Μίλια	Ένταση Ανέμου, Κλίμακα Beaufort										
	3			4			5			6	
	Χ	Υ	Π	Χ	Υ	Π	Χ	Υ	Π	Χ	Υ
10	4.4	1.8	2.1	3.7	2.6	2.4	3.2	3.5	2.8	2.7	5.0
50	14.0	2.0	3.2	12.4	4.0	3.8	11.0	6.5	4.4	9.1	9.8
100	27.1	2.0	4.0	20.0	4.0	4.4	17.5	7.3	5.3	15.1	11.4
200	-	-	-	33.5	4.3	5.6	29.0	8.0	6.4	25.4	12.2
300	-	-	-	47.0	4.4	6.3	38.5	8.0	7.1	34.1	13.1
400	-	-	-	-	-	-	48.0	8.0	7.7	42.2	13.5
500	-	-	-	-	-	-	58.0	8.0	8.2	49.2	13.8

Πίνακας 13: Ύψος Κύματος υπό την επίδραση του ανέμου. Χ: Ελάχιστος Χρόνος για τη δημιουργία κυματισμού σε ώρες, Υ: ύψος κύματος σε πόδια. Π: Περίοδος κύματος σε δευτερόλεπτα. Στην πρώτη στήλη του Πίνακα παρουσιάζεται το ανάπτυγμα (fetch) σε ναυτικά μίλια.

Μίλια	Ένταση Ανέμου, Κλίμακα Beaufort											
	7			8			9			10		
	Χ	Υ	Π	Χ	Υ	Π	Χ	Υ	Π	Χ	Υ	Π
10	2.5	6.0	3.4	2.3	7.3	3.9	2.0	8.0	4.1	1.9	4.0	2.0
50	8.4	12.2	5.2	7.7	15.7	5.6	6.9	19.8	6.3	6.4	23.0	6.7
100	14.0	15.5	6.5	12.8	20.5	6.9	11.9	26.5	7.6	11.0	32.0	8.1
200	23.1	17.5	7.7	21.5	23.5	8.5	19.3	32.5	9.2	18.1	40.0	9.8
300	31.5	18.0	8.7	29.0	25.0	9.5	26.3	35.0	10.4	24.3	45.0	11.1
400	38.8	18.4	9.5	35.6	26.0	10.2	32.5	37.0	11.2	30.2	47.5	12.0
500	45.5	19.1	10.1	42.1	27.5	10.9	38.3	38.0	11.9	35.5	49.0	12.7

Πίνακας 14: Ύψος Κύματος από την επίδραση του ανέμου (Συνέχεια). Χ: Ελάχιστος Χρόνος για τη δημιουργία κυματισμού σε ώρες, Υ: ύψος κύματος σε πόδια. Π: Περίοδος κύματος σε δευτερόλεπτα. Στην πρώτη στήλη του Πίνακα παρουσιάζεται το ανάπτυγμα (fetch) σε ναυτικά μίλια.

Όταν το βάθος θάλασσας είναι μεγαλύτερο από το μισό του μήκους κύματος ισχύουν οι σχέσεις:

$$\lambda(\text{feet}) = 5.12\, T^2\, (\text{sec}^2) \text{ ή } V\, (\text{feet/sec}) = 5.12\, T$$

για τον κυματισμό.

Αποθαλασσία

Χρειάζεται μεγάλη προσοχή στη διαφορά κυματισμού και αποθαλασσίας. Ο κυματισμός αποτελείται από εκείνα τα κύματα που δημιουργούνται από τον Άνεμο σε κάποια θαλάσσια περιοχή. Αντίθετα, αποθαλασσία είναι τα κύματα που έρχονται από άλλη θαλάσσια περιοχή ή που σχηματίσθηκαν από τον άνεμο στην ίδια θαλάσσια περιοχή και παραμένουν και αφού έχει κοπάσει ο Άνεμος. Πολλές φορές η περιοχή, όπου δημιουργήθηκαν από τον άνεμο τα κύματα που προκαλούν την αποθαλασσία, βρίσκεται σε απόσταση μέχρι και 2000 ναυτικά μίλια, ενώ ο άνεμος που τα δημιούργησε μπορεί να έχει παύσει πριν από τέσσερις ημέρες.

Η σχέση ταχύτητας - περιόδου για την αποθαλασσία είναι:

$$V\, (\text{feet/sec}) = 3.03\, T$$

Κατάσταση θάλασσας - Κλίμακα Douglas

Η αριθμητική περιγραφή της κατάστασης θάλασσας επιτυγχάνεται με τη χρήση της κλίμακας Douglas, που για πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκε από τον Βρετανό Ναύαρχο Sir Percy Douglas το 1917.

Οι χαρακτηρισμοί χρησιμοποιούνται κυρίως από το Πολεμικό Ναυτικό στις αναφορές καιρού και τα ημερολόγια γέφυρας.

Κωδικός	Ύψος Κύματος	Χαρακτηρισμός
0	-	Λιπαρά Γαλήνη
1	10 ε κα τ.	Γαλήνη
2	10 - 50 ε κα τ.	Ευθαλάσσια
3	0,5 - 1,25 μ	Κυματισμός
4	1,25 - 2,5 μ	Σάλος
5	2,5 - 4 μ	Επίσαλος
6	4 - 6 μ	Κλυδώνιον
7	6 - 9 μ	Κλύδων
8	9 - 14 μ	Μαινόμενη
9	Άνω των 14 μ<14 m.>	Παράφορος

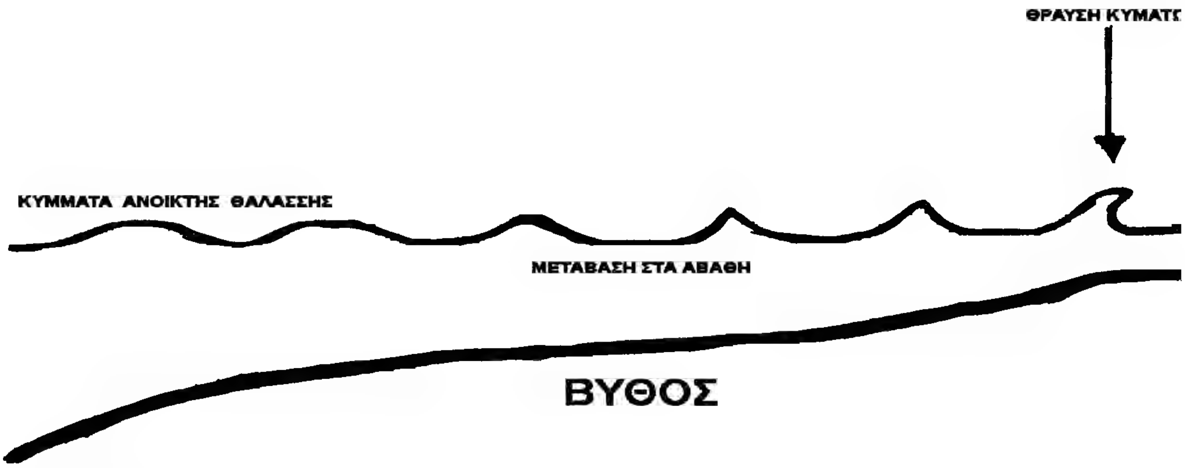
Πίνακας 15: Κλίμακα Douglas.

Παράγοντες Που Επηρεάζουν Τα Χαρακτηριστικά του Κύματος

Αβαθή Νερά - Κύματα που Θραύονται - Κυματωγή (Breakers and Surf)

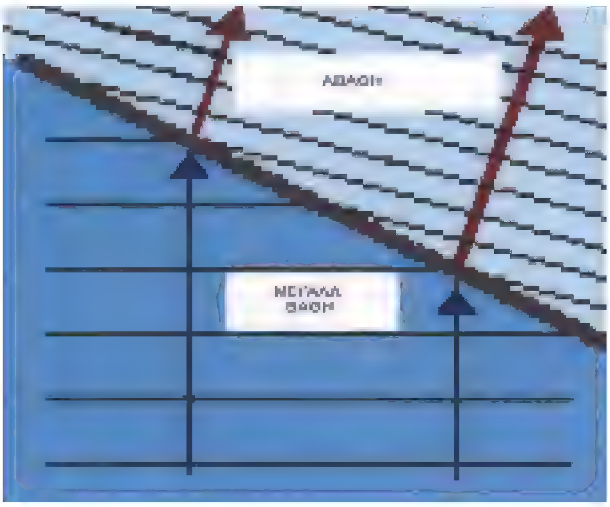
Η επίδραση των αβαθών πάνω στο κύμα αρχίζει να γίνεται αισθητή, όταν το βάθος γίνει μικρότερο από το μισό του μήκους κύματος.

Όταν ο κυματισμός συναντά αβαθή, η κίνηση του νερού παρεμποδίζεται από τον πυθμένα, με αποτέλεσμα να επιβραδύνεται το κύμα και, ταυτόχρονα, να μειώνεται το μήκος του. Επειδή η ενέργεια του κύματος παραμένει σταθερή, το ύψος του αυξάνεται (βλ. Εικόνα 97). Θα δούμε, σε επόμενες παραγράφους, ότι συγκεκριμένα είδη κυμάτων (Παλιρροϊκά, Καταιγίδων, κτλ.)



Εικόνα 97: Η επιβράδυνση, με αντίστοιχη αύξηση ύψους και οξύτητας, καθώς το κύμα κινείται προς τα αβαθή της ακτής[62].

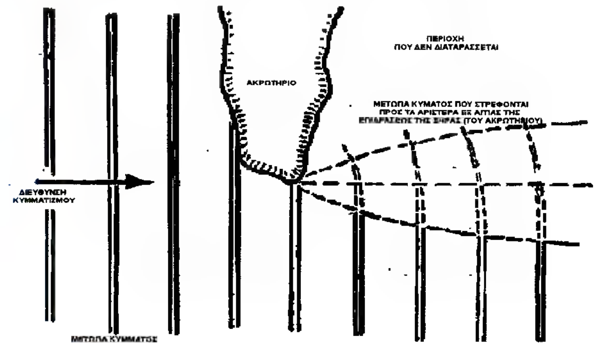
γίνονται αισθητά στην ακτή κυρίως εξαιτίας αυτού ακριβώς του μηχανισμού.



Εικόνα 98: Διάθλαση Κύματος στα Αβαθή.

Στην περίπτωση που το μέτωπο του κύματος φθάνει στην ακτή υπό γωνία, κάθε τμήμα του επιβραδύνεται διαδοχικά. Το αποτέλεσμα είναι ότι το μέτωπο στρέφεται, ώστε να έρθει παράλληλα με την ακτή[63]. Οι μηχανισμοί φαίνονται καθαρά στις εικόνες αυτής της παραγράφου. Συγκεκριμένα στην Εικόνα 97, βλέπουμε πως το κύμα γίνεται οξύτερο, καθώς πλησιάζει στην ακτή και το ύψος του αυξάνεται, ενώ μειώνεται το μήκος του, ενώ στην Εικόνα 98 βλέπουμε τη διάθλαση στα αβαθή. Στην Εικόνα 99 και την Εικόνα 100 φαίνεται ο τρόπος που κάμπτονται τα μέτωπα κύματος από την επίδραση της ξηράς.

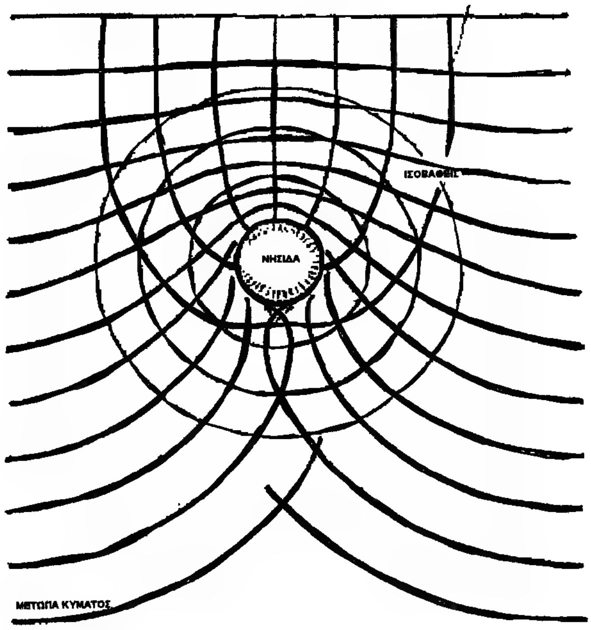
Το αποτέλεσμα της επιβράδυνσης και όξυνσης των Κυμάτων όταν μειώνεται η ταχύτητα, κοντά στην παραλία ή στα αβαθή, είναι ότι οι κορυφές των κάμπτονται και σπάζουν δημιουργώντας και αφρούς. Η σειρά των κυμάτων που σπάζουν λέγεται κυματωγή.



Εικόνα 99: Διάθλαση Κύματος κοντά στην ακτή. Τα μέτωπα κύματος (αριστερή άκρη) που περνούν κοντά στην ξηρά επιβραδύνονται και τείνουν να στραφούν αριστερά. (Από την ιστοσελίδα του Ocean Engineering Laboratory, University of Delaware, Newark, USA)

[62] *Από την ιστοσελίδα του ιδρύματος Marine Information Distribution Centre, η οποία και είναι εγκεκριμένη από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία του ΚΑΝΑΔΑ.*

[63] *Από τη Φυσική, θυμόμαστε ότι η στροφή ενός μετώπου κύματος, όταν η ταχύτητα διάδοσης μεταβάλλεται, δεν είναι παρά η γνωστή μας διάθλαση.*



Εικόνα 100:Διάθλαση Κύματος γύρω από μικρή νησίδα(Από την ιστοσελίδα του Ocean Engineering Laboratory, University of Delaware, Newark, USA)

Ο ναυτιλλόμενος μπορεί να εκμεταλλευθεί αυτήν την ιδιότητα των κυμάτων, διότι με αυτόν τον τρόπο μπορεί να του αποκαλυφθούν επικίνδυνα αβαθή.

Ρεύματα

Όταν ένα θαλάσσιο ρεύμα ρέει στη ίδια κατεύθυνση με τον κυματισμό τείνει να αυξήσει το μήκος και να μειώσει το ύψος κύματος (οπότε μειώνεται και η οξύτητα των κυμάτων). Αντίθετα, όταν το ρεύμα αντιτίθεται στον κυματισμό, το μήκος κύματος μειώνεται και αυξάνεται το ύψος (και η οξύτητα).

Συνήθως, όταν το ρεύμα συναντά τον κυματισμό υπό γωνία δεν υπάρχουν αξιοσημείωτες μεταβολές, με εξαίρεση την περίπτωση που το ρεύμα είναι εξαιρετικά ισχυρό, οπότε είναι δυνατόν να διαλύσει τελείως τον κυματισμό.

Θαλάσσιος Πάγος

Όταν αρχίσει ο σχηματισμός παγοκρυστάλλων στο θαλάσσιο νερό, η εσωτερική τριβή του αυξάνεται κατά πολύ (δηλαδή αυτό γίνεται παχύρρευστο, κατά κάποιο τρόπο) και το κύμα μειώνεται σημαντικά. Το ίδιο αποτέλεσμα, αλλά πολύ εντονότερο, προκύπτει όταν σχηματισθεί θαλάσσιος πάγος (θα δούμε το θαλάσσιο πάγο στο αντίστοιχο κεφάλαιο). Είναι δυνατόν, δηλαδή, για κάποιο πλοίο να κινείται σε γαλήνια θάλασσα ανάμεσα στους θαλάσσιους πάγους, ενώ έξω από την περιοχή τους ο κυματισμός να είναι ιδιαίτερα υψηλός.

Λάδι

Η ιδιότητα του λαδιού να ελαττώνει τον κυματισμό είναι γνωστή από τους αρχαίους χρόνους. Αυτό συμβαίνει διότι το λάδι είναι ελαφρύτερο από το νερό και επιπλέει στην επιφάνειά του, αλλά και επειδή είναι πιο παχύρρευστο από αυτό.

Είναι συνηθισμένη η χρήση του λαδιού στο κατέβασμα των λέμβων, σε περίοδο μεγάλου κυματισμού, αλλά πρέπει να αποφεύγεται για λόγους προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Άλλα Είδη Θαλάσσιων Κυμάτων

Σεισμικά Κύματα (Tsunamis)-Παλιρροϊκά Κύματα (Tidal Waves).

Τα κύματα αυτά προκαλούνται απο ξαφνική αναταραχή του πυθμένα ή της ακτής που μπορεί να οφείλεται σε σεισμό, ηφαιστειακή δραστηριότητα ή κατακρήμνιση.

Τα περισσότερα εμφανίζονται στον Ειρηνικό ωκεανό και έχουν ταχύτητες 400 κόμβων και άνω. Η περίοδος τους είναι περί τα 60 λεπτά και το ύψος τους δεν υπερβαίνει τα τρία πόδια στην ανοικτή θάλασσα, ενώ το μήκος του φθάνει τα 100 ναυτικά μίλια. Όταν, όμως, πλησιάζουν στις ακτές, επιβραδύνονται με αποτέλεσμα να αυξάνεται κατά πολύ το ύψος τους και να φθάνει τα 50 πόδια, με καταστροφικά αποτελέσματα. Όταν, λοιπόν, τα σεισμικά κύματα συναντούν και κατακλύζουν την ακτή αποκαλούνται Παλιρροϊκά Κύματα (Tidal Waves), αν και δεν έχουν καμία σχέση με την παλίρροια.

Η Ακτοφυλακή των ΗΠΑ, διατηρεί υπηρεσία παρακολουθήσης και αναφοράς των σεισμικών κυμάτων στον Ειρηνικό.

Κύματα Παλίρροιας (Tide Waves)

Η άνοδος του επιπέδου της θάλασσας με την πλήμμη της παλίρροιας, μπορεί να δημιουργήσει, σε στενούς κόλπους και εκβολές ποταμών, ένα μέτωπο κύματος που κινείται προς το εσωτερικό.

Κύματα Καταιγίδων (Storm Waves)

Τα Κύματα Καταιγίδων (Storm Waves) εμφανίζονται όταν, υπό την επίδραση καταιγίδας, υψώνεται το επίπεδο της θάλασσας, με αποτέλεσμα να δημιουργείται κύμα αντίστοιχο με το παλιρροϊκό στις ακτές. Υπάρχουν τρεις μηχανισμοί ανύψωσης του επιπέδου στην περίπτωση αυτή:

- *Η πίεση του ανέμου που μπορεί να αναγκάσει το νερό σε συσσώρευση προς την ακτή.*
- *Στη συμβολή ρευμάτων που δημιουργούνται από τον άνεμο. Και πάλι το επίπεδο της θάλασσας ανυψώνεται στο σημείο συμβολής.*
- *Στη χαμηλή ατμοσφαιρική πίεση που συνοδεύει τις καταιγίδες και ανυψώνει το επίπεδο της θάλασσας με αναρρόφηση.*

Οι παραπάνω μηχανισμοί ενεργούν αθροιστικά.

Στάσιμα Κύματα (Standing Waves)

Τα στάσιμα κύματα σχηματίζονται όταν συμβάλλουν συστήματα κυμάτων με ίδια χαρακτηριστικά (ταχύτητα, περίοδο) και αντίθετη κατεύθυνση, οπότε και δεν υφίσταται πλέον μετακίνηση του κυματισμού. Επίσης στάσιμα κύματα εμφανίζονται όταν κυματισμός μεγάλου μήκους εγκλωβισθεί σε σχετικά στενή λεκάνη.

Ανώμαλα Κύματα (Abnormal Waves-Freak Waves).

Πρόκειται για ιδιαίτερα επικίνδυνα κύματα με μεγάλο ύψος και κλίση, τα οποία φαίνεται ότι σχηματίζονται όταν ένα ισχυρό θαλάσσιο ρεύμα κινείται αντίθετα προς την κατεύθυνση ισχυρού κυματισμού. Είδαμε σε προηγούμενη παράγραφο ότι, όταν ο κυματισμός είναι αντίθετος προς το ρεύμα, το ύψος κύματος αυξάνεται ενώ το μήκος μειώνεται, οπότε το κύμα γίνεται υψηλότερο και οξύτερο.

Στοιχεία από παρατηρήσεις πλοίων, για αυτή την κατηγορία φαινομένων συλλέγει η Βρετανική Μετεωρολογική Υπηρεσία (British Meteorological Office).

Περίληψη

- Το φαινόμενο της παλινδρομικής κατακόρυφης κίνησης της επιφάνειας της θάλασσας ονομάζεται κύμα. Ανάλογα με την περιοχή που εκδηλώνεται, το κύμα διακρίνεται σε θαλάσσιο και ωκεάνειο. Τα στοιχεία κύματος είναι το μήκος κύματος, το ύψος κύματος, η περίοδος η ταχύτητα του κύματος. Η κλίση ή οξύτητα Κύματος και το ανάπτυγμα (fetch). Αυτό το τελευταίο είναι η απόσταση που έχει διανύσει ένα κύμα, όταν πνέει σταθερός άνεμος.

- Αν και τα κύματα φαίνονται κινούμενα, τα μόρια του νερού δεν μετατοπίζονται, αλλά εκτελούν απλές κυκλικές ή ελλειπτικές τροχιές. Αυτό που μετατοπίζεται είναι μόνον η διαταραχή τους.

- Οι αιτίες δημιουργίας των κυμάτων σε μια περιοχή είναι η επίδραση του ανέμου, η διάδοση κυμάτων από άλλες θαλάσσιες περιοχές (αποθαλασσία), υποθαλάσσιοι σεισμοί... κτλ.

- Ο κυματισμός αποτελείται από εκείνα τα κύματα που δημιουργούνται από τον άνεμο σε κάποια θαλάσσια περιοχή. Αποθαλασσία, αντίθετα, είναι τα κύματα που έρχονται από άλλη θαλάσσια περιοχή ή που σχηματίσθηκαν από τον άνεμο στην ίδια θαλάσσια περιοχή και παραμένουν και αφού έχει κοπάσει ο άνεμος.

- Τα σεισμικά κύματα (Tsunamis) οφείλονται σε ξαφνική αναταραχή του πυθμένα ή της ακτής που μπορεί να οφείλεται σε σεισμό, ηφαιστειακή δραστηριότητα ή κατακρήμνιση. Όταν συναντούν και κατακλύζουν την ακτή αποκαλούνται παλιρροϊκά κύματα (Tidal Waves), αν και δεν έχουν καμία σχέση με την παλίρροια.

- Η άνοδος του επιπέδου της θάλασσας με την πλήμμη μπορεί να δημιουργήσει, σε στενούς κόλπους και εκβολές ποταμών, ένα μέτωπο κύματος (κύμα παλίρροιας ή Tide Wave) που κινείται προς το εσωτερικό.

- Τα κύματα καταιγίδων (Storm Waves) εμφανίζονται όταν, υπό την επίδραση καταιγίδας, υψώνεται το επίπεδο της θάλασσας, με αποτέλεσμα να δημιουργείται κύμα αντίστοιχο με το παλιρροϊκό στις ακτές.

- Τα στάσιμα κύματα σχηματίζονται όταν συμβάλλουν συστήματα κυμάτων με ίδια χαρακτηριστικά (ταχύτητα, περίοδο) και αντίθετη κατεύθυνση, οπότε και δεν υφίσταται πλέον μετακίνηση του κυματισμού. Επίσης, στάσιμα κύματα εμφανίζονται όταν κυματισμός μεγάλου μήκους εγκλωβισθεί σε σχετικά στενή λεκάνη

- Ανώμαλα Κύματα (Abnormal Waves-Freak Waves) είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα κύματα, με μεγάλο ύψος και κλίση που φαίνεται ότι σχηματίζονται όταν ένα ισχυρό θαλάσσιο ρεύμα κινείται αντίθετα προς την κατεύθυνση ισχυρού κυματισμού

- **Επίδραση Αβαθών:** Η κίνηση του νερού παρεμποδίζεται από τον πυθμένα, με αποτέλεσμα να επιβραδύνεται το κύμα και, ταυτόχρονα να μειώνεται το μήκος του. Επειδή η ενέργεια του κύματος παραμένει σταθερή, το ύψος του αυξάνεται. Στην περίπτωση που το μέτωπο του κύματος φθάνει στην ακτή υπό γωνία, κάθε τμήμα του επιβραδύνεται διαδοχικά. Το αποτέλεσμα είναι ότι το μέτωπο στρέφεται (διαθλάται), ώστε να έρθει παράλληλα με την ακτή.

- Το αποτέλεσμα της επιβράδυνσης και όξυνσης των κυμάτων, όταν μειώνεται η ταχύτητα, κοντά στην παραλία ή στα αβαθή, είναι ότι οι κορυφές τους κάμπτονται και σπάζουν δημιουργώντας και αφρούς (κυματωγή). Οι αφροί της κυματωγής μπορούν να αποκαλύψουν επικίνδυνα αβαθή.

- Όταν αρχίσει ο σχηματισμός παγοκρυστάλλων στο θαλάσσιο νερό, η εσωτερική τριβή του αυξάνεται κατά πολύ και το κύμα μειώνεται σημαντικά. Ακόμη περισσότερο μειώνεται όταν σχηματισθεί θαλάσσιος πάγος.

- Θαλάσσιο ρεύμα στη ίδια κατεύθυνση με τον κυματισμό τείνει να αυξήσει το μήκος και να μειώσει το ύψος κύματος (οπότε μειώνεται και η οξύτητα των κυμάτων), αντίθετο ρεύμα μειώνει το μήκος κύματος και αυξάνεται το ύψος. Όταν το ρεύμα συναντά τον κυματισμό υπό γωνία δεν υπάρχουν μεταβολές, εκτός αν ρεύμα είναι εξαιρετικά ισχυρό, οπότε μπορεί να διαλύσει τελείως τον κυματισμό.

- Το λάδι ελαττώνει τον κυματισμό, διότι είναι μεν ελαφρύτερο από το νερό και επιπλέει στην επιφάνειά του, αλλά είναι και πιο παχύρρευστο από αυτό. Η χρήση του πρέπει να αποφεύγεται για λόγους προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

- Η κατάσταση θάλασσας από πλευράς κυματισμού μετριέται με την κλίμακα Douglas. Η γενική κατεύθυνση, από όπου φαίνεται να έρχονται τα κύματα, δίνει συνήθως μία καλή προσέγγιση της διεύθυνσης του ανέμου, όταν δεν υπάρχει Ανεμόμετρο στο πλοίο.

Ερωτήσεις Επανάληψης

- Τι είναι κύμα; Ποια είναι τα στοιχεία που περιγράφουν ένα κύμα;
- Τι προκαλεί τα κύματα;
- Περιγράψτε τη διαφορά κυματισμού και αποθαλασσίας.
- Τι προκαλεί τα σεισμικά κύματα; Είναι περισσότερο επικίνδυνα στην ακτή ή στην ανοικτή θάλασσα; Εξηγείστε.
- Περιγράψτε σε τι διαφέρουν τα Παλιρροϊκά κύματα από τα κύματα Παλίρροιας.
- Τι προκαλεί τα Κύματα Καταιγίδων (Storm Waves);
- Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τα στοιχεία κύματος;
- Εξηγείστε το μηχανισμό που προκαλεί την αύξηση του ύψους κύματος κοντά σε ακτές και αβαθή.
- Εξηγείστε το μηχανισμό που έχει ως αποτέλεσμα την παραλληλία των μετώπων κύματος με την ακτογραμμή.
- Τι είναι κυματισμός και τι αποθαλασσία; Περιγράψτε με συντομία ομοιότητες και διαφορές.
- Τι είναι και που εμφανίζονται κύματα που θραύονται και κυματωγή (Breakers and Surf)
- Πώς επιδρά η παρουσία θαλάσσιου πάγου στον κυματισμό; Εξηγείστε.
- Πώς επιδρά το θαλάσσιο ρεύμα στον κυματισμό;
- Πώς επιδρά το λάδι στον κυματισμό; Εξηγείστε.

Ασκήσεις-Εργασίες

- Μελετήστε την κλίμακα Beaufort (σε προηγούμενο κεφάλαιο) και την κλίμακα Douglas. Στη συνέχεια, με κριτήριο το ύψος κύματος, προσθέστε στην κλίμακα Beaufort μία ακόμη στήλη, όπου θα γράψετε την κατάσταση θάλασσας, περίπου, για κάθε υποδιαίρεση της κλίμακας Beaufort. Τέλος, εξηγείστε σε μία παράγραφο ποιοι οι λόγοι που ο πίνακας που μόλις κατασκευάσατε είναι ενδεικτικός (προσεγγιστικός) και όχι ακριβής.
- Το μετεωρολογικό δελτίο προβλέπει Βορείους Ανέμους έντασης 8 κλίμακας Beaufort, στο Αιγαίο. Ποιο εκτιμάτε ότι θα είναι το ύψος, η περίοδος, η κατάσταση θάλασσας (κλίμακα Douglas) και η ταχύτητα του κύματος στα ανοιχτά ανάμεσα στην Σκύρο και τη Χίο; (Υπόδειξη: Στο χάρτη σας υπολογίστε ανάπτυγμα (fetch) και χρησιμοποιείστε το για να υπολογίσετε τα υπόλοιπα μεγέθη από τους πίνακες και τους τύπους του υποκεφαλαίου "Άνεμος και Θαλάσσια Κύματα". Να προσέξετε πολύ τις μονάδες!). Κάτω από ποιες συνθήκες θα βρίσκατε μικρότερο μεν κυματισμό από αυτόν που υπολογίσατε, αλλά αυξανόμενο;

Θαλάσσιοι Πάγοι και Παγόβουνα

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθουμε:

ΝΕΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ	ΟΡΟΛΟΓΙΑ
Πώς σχηματίζονται τα παγόβουνα	*Παγόβουνα (Icebergs), θραύσματα (growlers), Παγετώνες (glaciers).*
Πώς εντοπίζονται, αναφέρονται και αποφεύγονται τα παγόβουνα	
Πώς σχηματίζονται οι Θαλάσσιοι Πάγοι	*Θαλάσσιος Πάγος (Sea or Pack Ice), Αγκυροβολημένος Πάγος (anchor ice), Παλιός και Νέος Πάγος.*

Η ναυτιλία σε περιοχές με παγόβουνα ή θαλάσσιους πάγους παρουσιάζει ιδιαίτερους κινδύνους. Η παρουσία πάγων επηρεάζει έντονα τη ναυτιλία διότι περιορίζει και, μερικές φορές, υπαγορεύει τις κινήσεις των πλοίων στην περιοχή. Επίσης, πολλές φορές, αποκρύπτονται τα ναυτιλιακά βοηθήματα (φάροι, σημαντήρες κτλ.) και τα καταφανή σημεία της ξηράς.

Πριν ο ναυτικός αποφασίσει να κινηθεί σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, όπου οι πάγοι και τα παγόβουνα αφθονούν, πρέπει να γνωρίζει τη συμπεριφορά και τις ιδιότητές τους και να ενημερώνεται από τις προαγγελίες για τις κινήσεις τους.

Σχηματισμός και Κινήσεις Θαλάσσιου Πάγου

Ο θαλάσσιος πάγος σχηματίζεται ως εξής: Το γλυκό νερό έχει την ιδιότητα να συστέλλεται, όταν ψύχεται μέχρι τους (39.2 F) 4^{0}C όπου και έχει τη μεγαλύτερη πυκνότητα. Από το σημείο αυτό και κάτω αρχίζει και πάλι διαστολή με την ψύξη και ο στερεός πάγος που σχηματίζεται στους 0^{0}C είναι ελαφρύτερος από το νερό και επιπλέει. Στο θαλάσσιο νερό, εξαιτίας του αλατιού, το σημείο πήξης κυμαίνεται από -1,3^0 έως -1,88^0.

Στις πολικές περιοχές, λοιπόν, όταν η θερμοκρασία κατεβαίνει κάτω από το μηδέν, αρχίζει η πήξη και ο σχηματισμός *θαλάσσιου πάγου* στην επιφάνεια. Στις αβαθείς θαλάσσιες περιοχές μάλιστα ο πάγος σχηματίζεται από την επιφάνεια ως τον πυθμένα. Αυτός ο πάγος ονομάζεται *αγκυροβολημένος πάγος*.

Υπάρχουν θαλάσσιοι πάγοι που συσσωρεύονται για χρόνια. Όταν σχηματίζεται για πρώτη φορά ο θαλάσσιος πάγος έχει πάχος περί τα 10 εκατοστά και λέγεται *νέος πάγος*. Μετά, όμως, τον πρώτο χειμώνα, το πάχος φθάνει τα 2-3 μέτρα, και αν δεν λιώσει το καλοκαίρι χαρακτηρίζεται ως *παλιός πάγος*. Η κάλυψη του θαλάσσιου χώρου από πάγο δίνεται σε όγδοα.

Κατά τη ναυτιλία, σε περιοχή θαλάσσιου πάγου, ο ναυτικός πρέπει να έχει πάντα υπόψη του πώς κινούνται τα επιπλέοντα κομμάτια του. Οι κινήσεις τους επηρεάζονται από θαλάσσια ρεύματα, αλλά κυρίως παρασύρονται από τον άνεμο. Η γωνία κίνησης των θαλάσσιων πάγων, σε σχέση με τη διεύθυνση του ανέμου, ποικίλλει από 18^0-90^0 και οφείλεται στη δύναμη Coriolis[64]. Η ταχύτητά τους κυμαίνεται από 0.25%-8% της ταχύτητας του ανέμου.

[64] *Άρα στο Βόρειο Ημισφαίριο η εκτροπή είναι προς τα δεξιά και στο Νότιο προς τα Αριστερά.*



Εικόνα 101: Θαλάσσιος Πάγος



Εικόνα 102: Θαλάσσιος Πάγος



Εικόνα 103: Διάφορες Μορφές Παγόβουνων. Από την ιστοσελίδα της Ακτοφυλακής των ΗΠΑ (USCG, International Ice Patrol). Το Παγόβουνο στην κάτω δεξιά φωτογραφία δεν κατατάσσεται σε καμία από τις κατηγορίες που αναφέραμε.

Σχηματισμός και Κινήσεις Παγόβουνων

Στην ξηρά ο πάγος σχηματίζεται από την πήξη του γλυκού νερού ή από τη συσσώρευση και συμπύκνωση διαδοχικών στρωμάτων χιονιού.

Η διαδικασία σχηματισμού, που αναφέραμε παραπάνω, συμβαίνει σε περιοχές όπου τα χιόνια και οι πάγοι δεν λιώνουν το καλοκαίρι[65], οπότε κάθε χειμώνα νέο στρώμα προστίθεται στα προηγούμενα. Από χρόνο σε χρόνο, ο όγκος και το βάρος του πάγου αυξάνεται και, αν η κλίση του εδάφους το επιτρέπει, ο πάγος αυτός αρχίζει να κινείται προς τη θάλασσα. Συνήθως η ροή αυτή του πάγου εμποδίζεται από βουνά και ο πάγος φθάνει στη θάλασσα μέσα από χαράδρες και ανοίγματα, σχηματίζοντας τους *παγετώνες*. Στα σημεία όπου ένας παγετώνας συναντά τη θάλασσα, κομμάτια πάγου αποσπώνται και σχηματίζουν τα *παγόβουνα*.

Ένας άλλος μηχανισμός σχηματισμού παγόβουνων είναι η δημιουργία στρωμάτων πάγου, από αποθέσεις χιονιού επάνω σε θαλάσσιους πάγους. Σε περιοχές κοντά σε ακτές, η ετήσια συσσώρευση χιονιού μπορεί να δημιουργήσει εκτάσεις πάγου που φθάνουν σε πάχος εκατοντάδες μέτρα. Τα παγόβουνα σχηματίζονται από αποκοπή κομματιών στις άκρες αυτών των εκτάσεων.

[65] *Όπως είναι η Γροιλανδία όπου ο πάγος έχει πάχος ενός χιλιομέτρου και η Ανταρκτική, όπου ο πάγος έχει πάχος 4.5 χιλιομέτρων.*

Τα παγόβουνα της Ανταρκτικής σχηματίζονται κυρίως με αυτό τον τρόπο, και έχουν σχήμα τραπεζοειδές στην πλειοψηφία τους.

Υπάρχουν διάφορες μορφές παγόβουνων (Εικόνα 103). Άλλα έχουν επίπεδη μορφή, άλλα μορφή σφήνας, άλλα μορφή τραπεζοειδή, άλλα εμφανίζονται ογκώδη με επίπεδη κορυφή και άλλα τέλος εμφανίζουν ανοίγματα, ως κοιλάδες, σε σχήμα U.

Τα παγόβουνα δεν λιώνουν με ομοιόμορφο τρόπο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, πολλές φορές, να αλλάζει το κέντρο βάρους τους και να ανατρέπονται. Επίσης, από μεγάλα παγόβουνα αποσπώνται μικρότερα κομμάτια πάγου, ως θραύσματα. Αυτά έχουν ύψος πάνω από την επιφάνεια ενός μέτρου περίπου και επιφάνεια περί τα είκοσι τετραγωνικά μέτρα.

Πολλές φορές τα παγόβουνα παρουσιάζουν προεκτάσεις, ως έμβολα, κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, και αποτελούν ιδιαίτερα μεγάλο κίνδυνο στα ύφαλα των πλοίων.

Αντίθετα με το θαλάσσιο πάγο, τα παγόβουνα παρασύρονται κυρίως από τα θαλάσσια ρεύματα και δεν είναι σπάνιες οι φορές που παγόβουνα ταξιδεύουν αντίθετα στον άνεμο. Αυτό οφείλεται στο ότι έχουν μεγάλο βύθισμα, ενώ μικρό σχετικά μέρος τους είναι εκτεθειμένο στον άνεμο. Εκείνο όμως που πρέπει να έχουμε υπόψη είναι ότι τα θαλάσσια ρεύματα επηρεάζονται από τον άνεμο, άρα η επίδραση του ανέμου στην κίνηση των παγόβουνων είναι έμμεση.

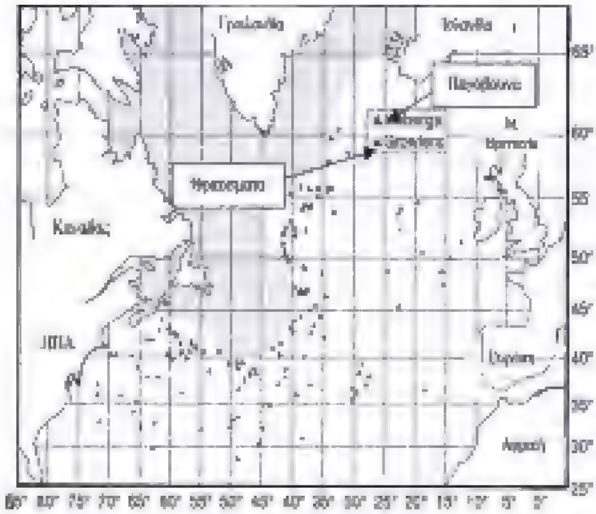
Στο παρελθόν, υπήρξαν φορές που τα παγόβουνα στάθηκαν χρήσιμα στους ναυτικούς. Αφενός το γλυκό νερό, απο το οποίο αποτελούνται, επέτρεψε σε πλοία να ανανεώσουν τα αποθέματά τους και αφετέρου κάποιοι ναυτικοί, ακολουθώντας κάποιο παγόβουνο, ή ακόμη δένοντας το πλοίο σε αυτό, κατάφεραν να διαφύγουν από περιοχές θαλάσσιων πάγων[66].

Περιοχές παγόβουνων και Θαλάσσιων Πάγων

Οι περιοχές παγόβουνων και πάγων εντοπίζονται κυρίως γύρω από τους πόλους και η έκτασή τους είναι πάντοτε μεγαλύτερη το χειμώνα από το καλοκαίρι[67]. Υπάρχουν όμως πολλές διακυμάνσεις, κάθε χρόνο, στα χαρακτηριστικά των περιοχών που εξαρτώνται από τις ωκεανογραφικές και κλιματολογικές αλλαγές.

Το χειμώνα, συνήθως, οι πάγοι καλύπτουν ολόκληρο τον Αρκτικό Ωκεανό και κάποιες θαλάσσιες περιοχές γύρω από αυτόν, ενώ το καλοκαίρι υποχωρούν. Τα περισσότερα παγόβουνα που συναντούν τα πλοία στα δρομολόγια του Βορείου Ατλαντικού προέρχονται από τους παγετώνες της Γροιλανδίας, κυρίως δε της δυτικής ακτής της. Η εποχή με τα περισσότερα παγόβουνα είναι η άνοιξη, οπότε πολλά απο τα παγόβουνα, που μέχρι τότε είναι ακινητοποιημένα στο θαλάσσιο πάγο του κόλπου Baffin, απελευθερώνονται, καθώς αυτός αρχίζει να λιώνει.

Το μεγαλύτερο μέρος της θάλασσας που περιβάλλει την Ανταρκτική είναι παγωμένο το χειμώνα. Συγκεκριμένα οι περιοχές νότια από 54^0N στο νότιο Ατλαντικό και 62^0N στο νότιο Ειρηνικό είναι κλειστές στη ναυσιπλοΐα όλο το χειμώνα. Το καλοκαίρι, με την υποχώρηση των πάγων, μερικές παράλιες περιοχές της Ανταρκτικής ανοίγουν στη ναυσιπλοΐα.



Εικόνα 104: Περιοχές παγόβουνων και Θραυσμάτων Β. Ατλαντικού. Από την ιστοσελίδα της Ακτοφυλακής των ΗΠΑ (USCG, International Ice Patrol).

Εντοπισμός και Αποφυγή παγόβουνων και Θαλάσσιων Πάγων

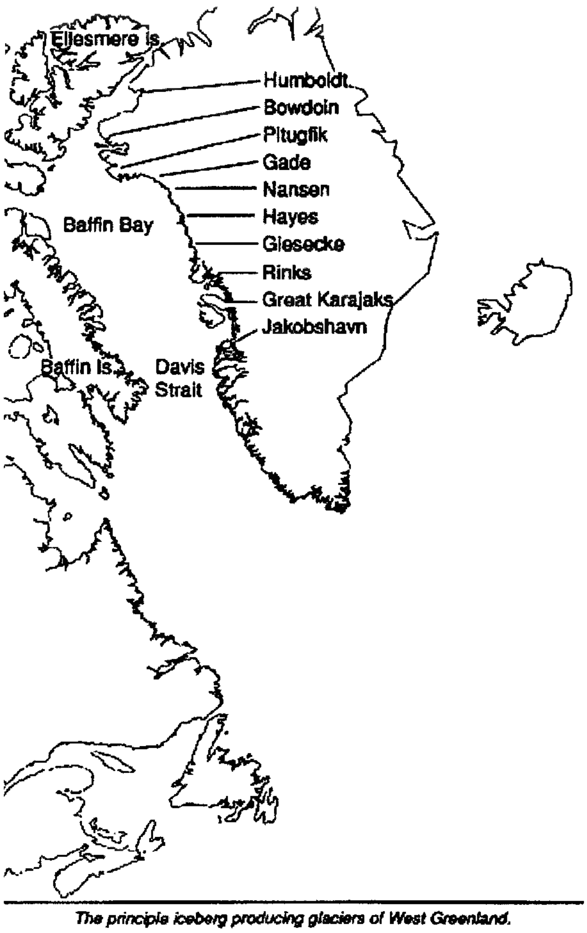
Η ασφαλής ναυσιπλοΐα σε περιοχές παγόβουνων και πάγων εξαρτάται, σε μεγάλο βαθμό, από την ενημέρωση του ναυτικού για την ποσότητα πάγου που παρεμβάλλεται ανάμεσα στο πλοίο και τον προορισμό του. Πριν αποφασίσει να κινηθεί σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, όπου οι πάγοι και τα παγόβουνα αφθονούν, πρέπει να ενημερώνεται από τις προαγγελίες για τις κινήσεις τους. Υπάρχουν πολλές εκδόσεις του

[66] Αυτό διότι τα παγόβουνα ακολουθούν θαλάσσια ρεύματα, ενώ οι θαλάσσιοι πάγοι τον άνεμο, όπως είδαμε.

[67] Ο χειμώνας του Νοτίου Ημισφαιρίου είναι από Ιούνιο έως Σεπτέμβριο.

Βρετανικού Ναυαρχείου (Hydrographic Department of the Admiralty) και της υδρογραφικής Υπηρεσίας των ΗΠΑ (US Hydrographic Office), που κυκλοφορούν περιοδικά (ανά εβδομάδα ή μήνα συνήθως) και περιγράφουν τις κινήσεις των πάγων σε διάφορες θαλάσσιες περιοχές.

Όταν η συγκέντρωση θαλάσσιου πάγου σε κάποια περιοχή είναι 4-6 όγδοα, μόνο ειδικά ενισχυμένα πλοία[68] μπορούν να διασχίζουν την περιοχή, τα οποία καλό είναι να έχουν και συνοδεία παγοθραυστικών. Όταν ο θαλάσσιος πάγος ξεπερνά τα 6 όγδοα, μόνον σύγχρονα παγοθραυστικά μπορούν να ταξιδεύσουν στις περιοχές του.



Εικόνα 105: Οι παγετώνες της Δυτικής Ακτής της Γροιλανδίας, από όπου προέρχονται τα περισσότερα παγόβουνα του Β. Ατλαντικού. Από την ιστοσελίδα της Ακτοφυλακής των ΗΠΑ (USCG, International Ice Patrol).

Υπάρχει υπηρεσία αναφοράς κινήσεων πάγου και παγόβουνων μέσω ασυρμάτου (βλ. Έκδοση Βρετανικού Ναυαρχείου "Admiralty List of Radio Signals"). Επίσης τα πλοία μπορούν να ζητούν πληροφορίες από την ακτοφυλακή των ΗΠΑ. Η ακτοφυλακή των ΗΠΑ έχει ειδική υπηρεσία (International Ice Observation and Patrol) η οποία ιδρύθηκε το 1914[69] και είναι υπεύθυνη για τη συλλογή και διανομή όλων των πληροφοριών που αφορούν τις κινήσεις παγόβουνων και θαλάσσιων πάγων στο Βόρειο Ατλαντικό. Τα δελτία της υπηρεσίας αυτής εκπέμπονται ανά δώδεκα ώρες από τον ασύρματο. Επίσης εκπέμπεται δελτίο κινήσεων παγόβουνων και θαλάσσιου πάγου με τηλεομοιοτυπία (radio-facsimile) κάθε μέρα. Η ίδια υπηρεσία διαθέτει, επίσης, παγοθραυστικά που βοηθούν πλοία σε κίνδυνο.

Από το 1948, η διεθνής νομοθεσία υποχρεώνει τα πλοία που συναντούν παγόβουνα ή θαλάσσιους πάγους να προειδοποιούν τα άλλα πλοία στην περιοχή και την ακτοφυλακή κοντινών κρατών. Στην αναφορά τους, τα πλοία είναι υποχρεωμένα να περιλαμβάνουν θέση του πάγου, τύπο (παγόβουνο ή θαλάσσιος πάγος), ποσότητα σε όγδοα (αν πρόκειται για θαλάσσιο πάγο), σχήμα και μέγεθος (αν πρόκειται για παγόβουνο).

Όταν το πλοίο ταξιδεύει σε περιοχή θαλάσσιου πάγου και παγόβουνων, πρέπει να επιτηρεί με ιδιαίτερη προσοχή τη θαλάσσια περιοχή. Τα παγόβουνα είναι το πρώτο είδος πάγου που κατά πάσα πιθανότητα θα συναντήσει, διότι λιώνουν δύσκολα. Αν εντοπισθούν έγκαιρα, η αποφυγή τους δεν είναι δύσκολη.

Την ημέρα και με καλή ορατότητα, εξαιτίας της αντανάκλασής τους τα μεγάλα παγόβουνα είναι ορατά από απόσταση 35 χιλιομέτρων. Σε περίπτωση αχλύος, η απόσταση πέφτει στα 17-18 χιλιόμετρα. Με ομίχλη ή ελαφρή βροχή η απόσταση μειώνεται στα 5.5-2 χιλιόμετρα. Με πυκνή ομίχλη η απόσταση πέφτει στα 100 μέτρα.

Με καλή ορατότητα τη νύχτα οι αποστάσεις εντοπισμού είναι από 2 έως 4 χιλιόμετρα. Η απόσταση εντοπισμού μειώνεται σε περίπτωση νεφών. Η σελήνη εμποδίζει τον εντοπισμό στην κατεύθυνσή της, αλλά βοηθά στην αντίθετη κατεύθυνση (όταν είναι πίσω μας) φωτίζοντας τους πάγους.

Ένδειξη επίσης για την παρουσία παγόβουνων είναι ο ήχος που κάνουν, όταν αποσπώνται θραύσματα πάγου από αυτά.

[68] *Η ενίσχυση γίνεται σύμφωνα με τους ειδικούς κανονισμούς της επιτροπής Ναυσιπλοΐας που έχει έδρα το Ελσίνκι της Φινλανδίας (Rules for Ice Strengthening of Ships, Board of Navigation Helsinki Finland).*

[69] *Με αφορμή το πολύνεκρο ναυάγιο του Τιτανικού που συνέβη το 1912*

Όσον αφορά τον εντοπισμό θαλάσσιου πάγου, αυτός μπορεί να γίνει από τον τρόπο που ανακλά τις ακτίνες του ήλιου και φωτίζει το κάτω μέρος των σύννεφων που βρίσκονται επάνω του, δίνοντάς τους χαρακτηριστική μορφή.

Το radar του πλοίου είναι χρησιμότατο βοήθημα στον εντοπισμό και αποφυγή παγόβουνων και πάγου, ιδίως τη νύχτα και με κακές συνθήκες ορατότητας. Τα μεγαλύτερα παγόβουνα εντοπίζονται σε αποστάσεις 22-55 χιλιομέτρων, ενώ τα λιγότερο μεγάλα σε αποστάσεις 15-18 χιλιομέτρων. Χρειάζεται, όμως, ιδιαίτερη προσοχή στη χρήση του Radar, διότι πολλές φορές μας δίνει μια ψευδαίσθηση ασφαλούς πλου. Τα χαμηλότερα παγόβουνα ή τα θραύσματά τους, αρκετές φορές δεν εντοπίζονται και, σε καταστάσεις κυματισμού ακόμη και παγόβουνα με ύψος περί τα 10 μέτρα μπορεί να μην γίνουν αντιληπτά, διότι η ηχώ τους χάνεται ανάμεσα στις ανακλάσεις των κυμάτων. Μόνο σε κατάσταση λιπαρής γαλήνης μπορούμε να έχουμε στο radar κάποια περιορισμένη εμπιστοσύνη.

Το ηχοβολιστικό μπορεί να δώσει ικανοποιητική ένδειξη παρουσίας παγόβουνων και θραυσμάτων σε αποστάσεις από 900 μέτρα έως 5 χιλιόμετρα.

Όταν το πλοίο βρίσκεται σε περιοχή θαλάσσιου πάγου, είναι, συνήθως, καλύτερα να προσπαθήσει να τον αποφύγει και όχι να τον διασχίσει. Συνιστάται ο χειρισμός να γίνεται από την προσήνεμη πλευρά. Σε περίπτωση που δεν γίνεται διαφορετικά, ο διάπλους θαλάσσιου πάγου γίνεται με μικρή ταχύτητα, μαλακούς χειρισμούς και κυρίως αποφεύγοντας τη στροφή της πρύμνης προς τον πάγο, διότι εκτίθενται σε κίνδυνο έλικες και πηδάλια.

Όταν εντοπίζεται παγόβουνο, το πλοίο πρέπει να κινείται με τρόπο που να το αποφεύγει. Ο χειρισμός θα πρέπει να αφήνει μεγάλη απόσταση ανάμεσα στο παγόβουνο και την πορεία του πλοίου διότι, εκτός από το παγόβουνο που εντοπίσθηκε, μπορεί να επιπλέουν ανεντόπιστα γύρω μικρότερα, αλλά εξίσου επικίνδυνα *θραύσματα*. Συνιστάται, μάλιστα, ο ελιγμός αποφυγής να γίνεται, αν είναι δυνατόν, από την προσήνεμη πλευρά για αποφυγή τυχόν θραυσμάτων. Αν το πλοίο συναντήσει παγόβουνο που κινείται σε θαλάσσιο πάγο, τότε συνιστάται η υπήνεμη πλευρά, διότι τα παγόβουνα ακολουθούν το ρεύμα και όχι τον άνεμο, οπότε στην προσήνεμη πλευρά τους συγκεντρώνονται κομμάτια θαλάσσιου πάγου, ενώ στην υπήνεμη υπάρχει συνήθως ελεύθερος χώρος.

Περίληψη

• Ο θαλάσσιος Πάγος σχηματίζεται από την πήξη του θαλασσινού νερού στις πολικές περιοχές. Σε αβαθείς θαλάσσιες περιοχές, όπου η πήξη εκτείνεται από την επιφάνεια ως τον πυθμένα, ο θαλάσσιος πάγος ονομάζεται και αγκυροβολημένος πάγος.

• Όταν σχηματίζεται για πρώτη φορά ο θαλάσσιος πάγος έχει πάχος περί τα 10 εκατοστά και χαρακτηρίζεται ως νέος πάγος. Μετά, όμως, το πρώτο χειμώνα το πάχος φθάνει τα 2-3 μέτρα, και αν δεν λιώσει το καλοκαίρι χαρακτηρίζεται ως παλιός πάγος. Το ποσοστό των θαλάσσιων πάγων σε μία περιοχή μετράται σε όγδοα.

• Η κίνηση των θαλάσσιων πάγων οφείλεται στον άνεμο. Η γωνία κίνησης των θαλάσσιων πάγων σε σχέση με τη διεύθυνση του ανέμου ποικίλλει από 18^0-90^0 και οφείλεται στη δύναμη Coriolis. Η ταχύτητά του κυμαίνεται από 0.25%-8% της ταχύτητας του ανέμου.

• Ο πάγος που σχηματίζεται στην ξηρά, αν το έδαφος έχει την κατάλληλη κλίση, γλιστρά προς τη θάλασσα. Τα παγόβουνα είναι τα κομμάτια που αποσπώνται στα σημεία όπου ο πάγος αυτός φθάνει τη θάλασσα. Ένας άλλος μηχανισμός σχηματισμού παγόβουνων είναι η δημιουργία στρωμάτων πάγου, από αποθέσεις χιονιού επάνω σε θαλάσσιους πάγους. Σε περιοχές κοντά σε ακτές, η ετήσια συσσώρευση χιονιού μπορεί να δημιουργήσει εκτάσεις πάγου που φθάνουν σε πάχους εκατοντάδες μέτρα. Τα παγόβουνα σχηματίζονται από αποκοπή κομματιών στις άκρες αυτών των εκτάσεων.

• Τα παγόβουνα λιώνουν, με αποτέλεσμα να αλλάζει το κέντρο βάρους και να ανατρέπονται. Επίσης, καθώς λιώνουν, αποσπώνται θραύσματα πάγου. Αυτά έχουν ύψος, πάνω από την επιφάνεια, ενός μέτρου περίπου και επιφάνεια περί τα είκοσι τετραγωνικά μέτρα.

• Οι κινήσεις των πάγων σε διάφορες θαλάσσιες περιοχές περιγράφονται στις εκδόσεις του Βρετανικού Ναυαρχείου (Hydrographic Department of the Admiralty) και της Υδρογραφικής Υπηρεσίας των ΗΠΑ (US Hydrographic Office). Οι περισσότερες από αυτές κυκλοφορούν κάθε μήνα. Τέλος, τα πλοία που συναντούν παγόβουνα ή θαλάσσιους πάγους είναι υποχρεωμένα να προειδοποιούν τα άλλα πλοία στην περιοχή και την ακτοφυλακή κοντινών κρατών. Από το 1948, η διεθνής νομοθεσία υποχρεώνει τα πλοία που συναντούν παγόβουνα ή θαλάσσιους πάγους να προειδοποιούν τα άλλα πλοία στην περιοχή και την ακτοφυλακή κοντινών κρατών. Στην αναφορά τους, τα πλοία είναι υποχρεωμένα να περιλαμβάνουν θέση του πάγου, τύπο (παγόβουνο ή θαλάσσιος πάγος), ποσότητα σε όγδοα (αν πρόκειται για θαλάσσιο πάγο), σχήμα και μέγεθος (αν πρόκειται για παγόβουνο).

• Ειδικά για το Βόρειο Ατλαντικό η ακτοφυλακή των ΗΠΑ έχει ειδική υπηρεσία (International Ice Observation and Patrol) που είναι υπεύθυνη για τη συλλογή και διανομή όλων των πληροφοριών που αφορούν τις κινήσεις παγόβουνων και θαλάσσιων πάγων. Εκπέμπει συχνότατα (ανά δωδεκάωρο) δελτία κινήσεων πάγων. Η ίδια υπηρεσία διαθέτει, επίσης, παγοθραυστικά που βοηθούν πλοία σε κίνδυνο.

• Οι κινήσεις των παγόβουνων επηρεάζονται κυρίως από τα θαλάσσια ρεύματα εξαιτίας του μεγάλου βυθίσματός των. Η επίδραση του ανέμου είναι έμμεση, διότι οι άνεμοι επηρεάζουν τα θαλάσσια ρεύματα.

• Οι περιοχές παγόβουνων και πάγων εντοπίζονται κυρίως γύρω από τους πόλους και έκτασή τους είναι πάντοτε μεγαλύτερη το χειμώνα από ότι το καλοκαίρι. Τα παγόβουνα που συναντώνται στις περιοχές ναυσιπλοΐας του Βορείου Ατλαντικού προέρχονται κυρίως από τους παγετώνες της Δυτικής Ακτής της Γροιλανδίας. Τα περισσότερα παγόβουνα εμφανίζονται άνοιξη, διότι μέχρι τότε είναι ακινητοποιημένα στο θαλάσσιο πάγο και απελευθερώνονται, καθώς αυτός αρχίζει να λιώνει.

• Την ημέρα και με καλή ορατότητα, εξαιτίας της αντανάκλασής τους τα μεγάλα παγόβουνα είναι ορατά από απόσταση 35 χιλιομέτρων. Σε περίπτωση αχλύος, η απόσταση πέφτει στα 17-18 χιλιόμετρα. Με ομίχλη ή ελαφρά βροχή η απόσταση μειώνεται στα 5.5-2 χιλιόμετρα. Με πυκνή ομίχλη η απόσταση πέφτει στα 100 μέτρα.

• Με καλή ορατότητα τη νύχτα οι αποστάσεις εντοπισμού είναι από 2 έως 4 χιλιόμετρα. Η απόσταση εντοπισμού μειώνεται σε περίπτωση νεφών. Η σελήνη εμποδίζει τον εντοπισμό στην κατεύθυνσή της, αλλά βοηθά στην αντίθετη κατεύθυνση (όταν είναι πίσω μας) φωτίζοντας τους πάγους.

• Ένδειξη παρουσίας παγόβουνων είναι ο ήχος που

κάνουν, όταν αποσπώνται θραύσματα πάγου από αυτά.

- Ο εντοπισμός θαλάσσιου πάγου, γίνεται από τον τρόπο που ανακλά τις ακτίνες του ήλιου και φωτίζει το κάτω μέρος των σύννεφων που βρίσκονται επάνω του.

- Το ηχοβολιστικό μπορεί να δώσει ικανοποιητική ένδειξη παρουσίας παγόβουνων και θραυσμάτων σε αποστάσεις από 900 μέτρα έως 5 χιλιόμετρα.

- Όταν το πλοίο βρίσκεται σε περιοχή θαλάσσιου πάγου, είναι καλύτερα να προσπαθήσει να τον αποφύγει και μάλιστα από την προσήνεμη πλευρά. Σε περίπτωση που δεν γίνεται διαφορετικά, ο διάπλους γίνεται με μικρή ταχύτητα, μαλακούς χειρισμούς και αποφεύγοντας τη στροφή της πρύμνης προς τον πάγο που εκθέτει έλικες και πηδάλια.

- Όταν εντοπίζεται παγόβουνο, το πλοίο πρέπει να το αποφεύγει, αφήνοντας μεγάλη απόσταση, διότι εκτός από το παγόβουνο μπορεί να επιπλέουν ανεντόπιστα γύρω μικρότερα, αλλά εξίσου επικίνδυνα θραύσματα. Συνιστάται, μάλιστα, ο ελιγμός αποφυγής να γίνεται, αν είναι δυνατόν, από την προσήνεμη πλευρά για αποφυγή αυτών των θραυσμάτων.

- Αν το πλοίο συναντήσει παγόβουνο που κινείται σε θαλάσσιο πάγο, τότε συνιστάται αποφυγή από την υπήνεμη πλευρά, όπου θα υπάρχει ελεύθερος χώρος, ενώ στην προσήνεμη πλευρά τους συγκεντρώνονται κομμάτια θαλάσσιου πάγου.

Ερωτήσεις Επανάληψης

- Πώς σχηματίζονται τα παγόβουνα (δύο, όχι πολύ διαφορετικοί, μηχανισμοί) και πώς οι θαλάσσιοι πάγοι;
- Τι είναι ο παλιός και τι ο νέος πάγος; Πώς κινείται ο θαλάσσιος πάγος και από τι επηρεάζεται η κίνησή του αυτή;
- Πώς κινούνται τα παγόβουνα και από τι επηρεάζεται η κίνησή τους αυτή; Με ποιο τρόπο επηρεάζει ο άνεμος την κίνησή τους;
- Γράψτε μιά παράγραφο όπου να εξηγείτε πως δημιουργούνται τα παγόβουνα του Βορείου Ατλαντικού και γιατί είναι ιδιαίτερα άφθονα την άνοιξη.(Θα σας βοηθήσει η Εικόνα 105).
- Γράψτε σε μία σύντομη παράγραφο σε ποιες περιπτώσεις μπορείτε να εμπιστευθείτε το Radar, όταν πλέετε σε περιοχή με παγόβουνα και σε ποιες όχι.
- Ταξιδεύετε στο Βόρειο Ατλαντικό και χρειάζεστε πληροφορίες για τις κινήσεις των παγόβουνων. Σε ποια υπηρεσία απευθύνεστε από τον ασύρματο;
- Συναντάτε θαλάσσιο πάγο και παγόβουνα στη διαδρομή σας στο Β. Ατλαντικό. Σε ποια υπηρεσία αναφέρετε την εμφάνισή τους και τι στοιχεία πρέπει να περιλαμβάνει η αναφορά σας.
- Μπορείτε σε μερικές σύντομες παραγράφους να συνοψίσετε τις ενδείξεις ότι στην πορεία σας υπάρχουν παγόβουνα ή θαλάσσιος πάγος; Τι συναντάτε πρώτο;
- Μπορείτε, με βάση τα στοιχεία της τελευταίας παραγράφου, να γράψετε μια σύντομη περίληψη για την ιδιαιτερότητα των προβλημάτων και δυσκολιών που αντιμετωπίζει ο ναυτικός, πλέοντας σε πολικές περιοχές;

Βιβλιογραφία

1. Bodwitch,N "American Practical Navigator, Volume 1", Defense Mapping Agency Hydrographic/Topographic Center, 1984.
2. "Admiralty Manual of Navigation, Volume 1", Her Majesty's Stationery Office, London 1973.
3. Χ. Γ. Περογιαννάκη "Ναυτική Μετωρολογία", Εκδόσεις Ευγενιδείου Ιδρύματος, ΑΘΗΝΑΙ 1974.
4. "Περιγραφική Μετεωρολογία", Λ. Καραπιπέρη, Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΑΘΗΝΑΙ 1967.
5. "Πρακτική Μετεωρολογία", Λ. Καραπιπέρη, Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΑΘΗΝΑΙ 1966.
6. "Λύκεια Δοκίμων Αξιωματικών Εμπορικού Ναυτικού, Μετεωρολογία", Λ. Καραπιπέρη, Εκδόσεις Ευγενιδείου Ιδρύματος, ΑΘΗΝΑΙ 1999.
7. "Η Κατασκευή και η Χρησιμοποίηση των Χαρτών Καιρού από τους Ναυτιλλομένους", Λ. Καραπιπέρη, Εκδόσεις Ευγενιδείου Ιδρύματος.
8. Bodwitch,N "American Practical Navigator, Volume 2", Defense Mapping Agency Hydrographic/Topographic Center, 1981.
9. Γ. Ι. Μακρή "Ο Καιρός" Αθήνα 1990.
10. Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία "Εγχειρίδιο Μετεωρολογίας για Χειριστές Αεροσκαφών", Δεύτερη ΄Εκδοση, Μαίος 1989.
11. Α. Φλόκα "Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας" , Εκδόσεις Ζήτη.
12. Α. Δημαράκη και Χ. Ντούνη "Ναυτιλία, τόμος Β΄", Εκδόσεις Ευγενιδείου Ιδρύματος, Αθήναι 1990.
13. Ε. Βουρλάκη "Ναυτική Μετεωρολογία", Εκδόσεις Κανιγγέλη, 1961.